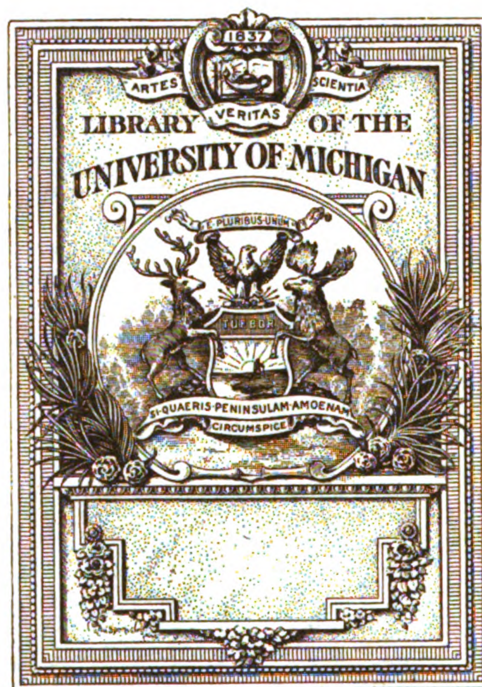



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



ARCHIV FÜR HYGIENE

BEGRÜNDET VON MAX VON PETTENKOFER
FORTGEFÜHRT VON MAX RUBNER

UNTER MITWIRKUNG VON

HERAUSGEGEBEN VON

M. v. GRUBER · FR. HOFMANN · K. B. LEHMANN
P. UHLENHUTH

PROFESSOREN AN DEN UNIVERSITÄTEN: MÜNCHEN, LEIPZIG, WÜRZBURG, STRASSBURG

82. Band

Mit 3 Tafeln und 22 Abbildungen.



MÜNCHEN UND BERLIN
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG
1914

Inhalt.

Über einige bei Tierkrankheiten gefundene Erreger aus der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie und der Koligruppe.

(Kanarienvogelseuche, tuberkuloseähnlicher Abszeß beim Kaninchen, Keratitis und Konjunktivitis beim Meerschweinchen, Koliseptikämie bei Hühnern).

Von

Dr. Heinz Zeiss,
Assistenten am Institut.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Gießen.
[Direktor: Prof. R. O. Neumann.])

(Bei der Redaktion eingegangen am 18. November 1913.)

Vorbemerkung.

Das Wesen der Erkrankungen kleiner Laboratoriumstiere hat durch die bakteriologische Forschung manche Aufklärung erfahren, so daß wir eine ganze Reihe bakterieller Infektionen bei Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten, Mäusen, Hühnern, Tauben, auch von Hund und Katze, Hamster und Igel kennen.

Früher hielt man sich vornehmlich an das Bild des pathologischen Befundes und verglich es mit bekannten Menschenkrankheiten, wodurch solche Benennungen wie Pseudotuberkulose, Hühnerpest, Rattenpest, Kanincheninfluenza, Hühnerdiphtherie, Mäusetyphus, Hühnercholera, Kaninchenseuche usw. entstanden sind.

Die Art dieser Benennung hatte den Vorteil der leichteren pathologischen Diagnose, aber den Nachteil, daß man die Krankheiten epidemiologisch nicht klassifizieren konnte. Es wurden

Bakterien bei den verschiedenen Tierkrankheiten isoliert, welche sich fast genau, bis auf kleine Unterschiede, glichen, und doch waren die klinischen Erscheinungen ganz verschieden. Anderseits gab man den isolierten Organismen Namen, die dem pathologischen Bilde entsprachen, aber über die Art des Erregers im Zweifel ließen.

Ich erinnere hierbei nur an den Begriff der „Pseudotuberkulose", einem Prozeß mit ziemlich einheitlichem Befunde, der jedoch nicht allein von verschiedenen Bakterien, sondern auch von Hefeorganismen, Schimmelpilzen, Würmern und deren Eiern, sowie unbelebten Fremdkörpern verursacht werden kann (Kitt, Patholog. Anatomie der Haustiere, 4. Aufl. 1911). Trotzdem nannte man die hierbei gefundenen Bakterien „Pseudotuberkulosebazillen".

Es ist kein Zweifel, daß durch solche Praxis die Klarstellung der Krankheiten nach ihrer bakteriologischen Zusammengehörigkeit wenig gefördert wird, ja ganz verhindert werden kann.

Weit eher wird man zum Ziele kommen, wenn bei jeder neu auftretenden Tierkrankheit der Erreger gezüchtet, genau charakterisiert, mit ähnlichen verglichen wird und dann die zusammengehörigen — auch wenn kleine Unterschiede vorhanden sind — in bekannte, feststehende Gruppen eingereiht werden.

Bei den nachstehenden Untersuchungen hat sich die Wichtigkeit und Notwendigkeit dieses Vorgehens wiederholt ergeben, und gezeigt, daß man damit in der Lage ist, die Krankheiten der kleinen Laboratoriumstiere sehr wohl in gut abgrenzbare, bakteriologische Gruppen unterzubringen.

Es handelte sich

1. um eine Kanarienvogelseuche,
2. um einen tuberkuloseähnlichen Abszeß im Abdomen beim Kaninchen,
3. um eine eitrige Keratitis und Konjunktivitis beim Meerschweinchen,
4. um eine Septikämie bei Hühnern.

Die hierbei isolierten Erreger wurden nach festgestellter Diagnose mit den bisher bekannten verglichen und sämtliche in Gruppen geordnet.

Als Anhang folgt noch eine Untersuchung über die Hämolysebildung der vier gezüchteten Stämme.

I. Beitrag zur Frage der Erreger von Kanarienvogelseuchen.

Nach der ersten, von Zürn[1]) beobachteten Kanarienvogelseuche sind bis zum Jahre 1908 eine Reihe von Kanarienkrankheiten, die durch verschiedene Erreger hervorgerufen wurden, beschrieben. Zwick[2]) hatte alle bis zu diesem Zeitpunkt bekannten Seuchen eingeteilt und sie in fünf verschiedene getrennt, in die von Rieck[3]), Kern[4]), Freese[5]), Joest[6]) und die von v. Wasielewski und Hoffmann[7]), Pfaff[8]) und Zwick. Die Erreger der vier letztgenannten Untersucher ließen sich infolge ihres morphologischen und biologischen Verhaltens zu den Bakterien der hämorrhagischen Septikämie rechnen. In diese Gruppe fallen auch nach ihren eigenen Angaben die von Zürn, Friedberger und Fröhner[9]) sowie Sticker[10]) erwähnten Kanarienkrankheiten.

---

1) Dresdner Blätter für Geflügelzucht 1884 (zit. nach den Jahresberichten von Ellenberger und Schütz für 1885, Bd. 5 S. 160).

2) Untersuchungen über eine Kanarienvogelseuche. Zeitschr. f. Infektionskrankh. d. Haustiere 1908, Bd. 4.

3) Eine infektiöse Erkrankung der Kanarienvögel. Zeitschr. f. Tiermed. 1889, Bd. 15.

4) Eine neue infektiöse Erkrankung der Kanarienvögel. Kanariencholera. Ebenda 1896, Bd. 22.

5) Über seuchenhafte Erkrankungen mit septikämischem Charakter bei Kanarienvögeln. Dt. tierärztl. Wochenschrift 1907, Nr. 36.

6) Eine durch Bakterien der Enteritisgruppe verursachte Kanarienvogelseuche. Bericht über die tierärztl. Hochschule Dresden für 1906. Dresden 1907.

7) Über eine seuchenhafte Erkrankung bei Singvögeln. Arch. f. Hyg. 1903, Bd. 47.

8) Eine infektiöse Erkrankung der Kanarienvögel. Z. f. Bakt. 1905, Or. I, Bd. 38.

9) Lehrbuch der spez. Pathologie und Therapie der Haustiere, 1904, Bd. 2 S. 254.

10) Käsige Prozesse bei der Geflügelcholera. Arch. f. Tierheilkunde 1888, Bd. 14 S. 334.

Das von Rieck entdeckte Stäbchen ebenfalls der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie zuzuzählen, wie es Nocard und Leclainche (nach Mießner und Schern) getan haben, ist wegen der leider nur ungenügenden Beschreibung nicht angängig, denn eine Eigenbewegung besitzen die Vertreter dieser Gruppe nicht. Durch diese Eigenschaft unterscheidet es sich daher auch von den von Kern und Freese beobachteten Erregern. Auf den ersten Blick scheint der Kernsche Organismus eine Sonderstellung einzunehmen, da die Fähigkeit, Gas zu bilden, und die fehlende Polfärbung nicht für ein Bakterium der hämorrhagischen Septikämie sprechen. Diese beiden Merkmale kommen jedoch auch gelegentlich bei den Stäbchen dieser Bakterienart vor, sie genügen daher nicht, den Kernschen Erreger als ein Bakterium sui generis aufzufassen.

Anders verhält es sich dagegen mit dem Organismus von Freese. Er fällt durch seine Gramfärbbarkeit und die Fähigkeit, Gelatine schnell zu verflüssigen, völlig aus dem Rahmen der hämorrhagischen Septikämiegruppe heraus.

Joest hat sein kanarienpathogenes Bakterium der Enteritis- und Paratyphusgruppe zugeteilt.

Die von v. Wasielewski und Hoffmann, Pfaff und ihm beschriebenen Organismen stellt Zwick mit Recht zu denen der hämorrhagischen Septikämie, wie es v. Wasielewski und Hoffmann ebenfalls ausgesprochen hatten. Pfaff trennte allerdings seinen Infektionserreger von dem Rieckschen und Kernschen, ohne ihn jedoch in die Gruppe der hämorrhagischen Septikämie einzuziehen, was Zwick später tat.

Nach der letzten zusammenfassenden Übersicht von Zwick sind nun weitere Kanarienvogelkrankheiten bekannt geworden, die teilweise von verschiedenen Mikroorganismen hervorgerufen werden, und auch voneinander abweichende pathologisch-anatomische Befunde darboten.

Endlich haben wir eine sechste Kanariencholera im vergangenen Jahre in Gießen beobachtet, über die ich nachher ausführlicher berichten werde.

Einen genauen Überblick über alle bis jetzt bekannten Erreger dieser Epidemien, sowie über die hierbei erhobenen pathologischen Befunde gibt die folgende Zusammenstellung auf S. 6, 7 und 8.

Der Vollständigkeit halber möchte ich noch das von Klee[1]) und de Jong[2]) mitgeteilte, durch Schimmelpilze verursachte Kanariensterben anführen, jedoch auf die durch Protozoen hervorgerufenen Erkrankungen nicht näher eingehen.

Über die Seuchen machen die Autoren folgende Mitteilungen:

Bei einer seuchenhaften Erkrankung, der innerhalb einer kurzen Zeit 500 bis 600 Tiere erlagen, isolierte Zwick (l. c.) ein Bakterium, das er dem Formenkreis der hämorrhagischen Septikämie zuschrieb. Milz und Leber der gefallenen Tiere waren von stecknadelkopf- bis hirsekorngroßen, unzähligen Knötchen durchsetzt, die die größte Ähnlichkeit mit verkästen Tuberkeln besaßen. Die Knötchen bestanden aus nekrotischem Gewebe und Bakterienknäueln. An den andern Organen waren keine Veränderungen festzustellen. Es gelang bei Kanarien, Meerschweinchen und Kaninchen meistens, die gleiche Erkrankung mit den geschilderten Organveränderungen zu erheben. Nur bei den Fütterungsversuchen fehlten die Knötchen der Milz und der Leber.

Über eine infektiöse Nekrose bei Kanarienvögeln berichteten Mießner und Schern[3]). Die Tiere verweigerten jede Nahrung und starben entweder ganz plötzlich darnach oder nach 3 bis 4 Tagen. Die Sektion ergab an der Leber und Milz stecknadelkopf- bis hirsekorngroße, gelblich-weiße und gelbe Knötchen. Beim Durchschneiden der kleinen Herde fand man im zentralen Teil des Inhalts eine käseähnliche, bröcklige Masse. Die Milz war wurstförmig geschwollen. Die geschilderten Veränderungen machten

(Fortsetzung des Textes S. 9.)

---

1) Verschimmelung der Luftwege (Bronchopneumonomykose) bei Kanarien. Geflügelbörse 1892, Nr. 532 und 852; zit. nach Baumgartens Jahresberichten 1893.

2) Aspergillosis der Kanarienvögel. Z. f. Bakt. 1912, Or. I. Bd. 66.

3) Die infektiöse Nekrose bei den Kanarienvögeln. Arch. für Tierheilkunde 1908, Bd. 34.

Gruppe der hämorrhagischen Septikämie.

Morphologie und Biologie	Bacterium septicaemiae haemorrhagica [1])	Kern	v. Wasielewski und Hoffmann	Pfaff	Zwick	Mießner und Schern	Zeiss
Form: in Reinkultur	sehr kleine Kurzstäbchen	kurze Stäbchen	kokkenähnliche Wurzstäbchen	wie hämorrhag. Septikämie	Stäbchen mit abgerundeten Ecken	kurz, plump, stäbchenförmig	ovide und längere abgerundete Stäbchen
im Tierkörper	Polfärbung	keine Polfärbung	Polfärbung	keine Polfärbung	Polfärbung	Polfärbung	Polfärbung
Beweglichkeit	nicht beweglich	nicht beweglich	lebhaft molekular	nicht beweglich	unbeweglich	unbeweglich	nicht beweglich
Gramfärbung	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ
Gelatine-Platte	wie Bact. coli	runde, lichtgelbe Kolonien mit scharfem Rand, wie mit Glassplittern besät	koliähnliche Kolonien		stecknadelkopfgroße, körnige Kolonien, Zentrum leicht gelblich gefärbt	runde, scharf begrenzte Kolonien, undurchsichtig	wie ein zartwachsendes Bact. coli
Stich Verflüssigung	nicht verflüssigt; wie Koli	nicht verflüssigt, perlschnurartiger Streifen	nicht verflüssigt, koliähnlich	nicht verflüssigt, zarter Faden	bandartiges Wachstum, nicht verflüssigt	nicht verflüssigt	nicht verflüssigt wie Koli
Agar Platte	wie Bact. coli	mohngroße, erhabene Kolonien	koliähnliche Kolonien	gelblichgrau abgegrenzte, erhabene Kolonien	stecknadelkopfgroße, bläuliche Kolonien mit scharfem Rand	wie auf Gelatine	wie ein zartwachsendes Bact. coli
Strich	wie ein zartwachsendes Bact. coli	glänzender, gleichmäßiger, weißer Belag	grauschleimig	gelblich weißer Belag	—	feiner, grauweißer Faden, der Nadeln in den Nährboden sendet	wie ein zartwachsendes Bact. coli
Kartoffel	meist nicht oder kümmerlich; manchmal gelblichweiß	schwach gelblich bis schmutzig weiß	weißlich und leicht gelblich	kein Wachstum	gelblichweiß, mattglänzend	feuchter, grauweißer, faltiger Belag	zarter, feiner, farbloser Belag
Milch	Verhalten verschieden, meist nicht koaguliert	—	nicht koaguliert	nicht koaguliert	nicht koaguliert nach 4 Wochen	nicht koaguliert	am 17. Tag Gerinnung
Gasbildung	kein Gas	vorhanden	kein Gas	kein Gas	kein Gas	kein Gas	kein Gas
Neutralrot	unverändert			unverändert	unverändert		unverändert nach 1 Monat
Bouillon	gleichmäßig getrübt, kein Häutchen	gleichmäßig getrübt; verteilbarer, streifenartiger Bodensatz	gleichmäßig getrübt; bisweilen Häutchenbildung, schleimiger Bodensatz	Bildung von feinen Flocken	gleichmäßig getrübt, feine Flocken, grauweißer Bodensatz, irisierendes Häutchen	erst getrübt, dann Klumpen und Flocken, grauweißes Häutchen	gleichm. getrübter, wolkiger, klumpiger Bodensatz; kein Häutchen
Indol	stark	—	nicht gebildet	nach 6—7 Tagen nicht gebildet	nicht gebildet	—	nach 11 Tagen geringe Spuren

Schwefelwasserstoff	stark	—	—	nicht gebildet	nicht gebildet	—	nicht gebildet
Pathologisch-anatomischer Befund	Exsudationen im Herzbeutel, Blutungen am Epikard, blutige Darmentzündung, Milztumor, seröse, fibrinöse oder käsig fibrinöse Pneumonie. Punktförmige, nekrotische Herde in der Leber[2])	Darmwand verdickt (Geschwür) Submucosa gelbsulzig, unfiltriert, hauptsächlich im Duodenaltrakt, Erreger im Herzblut	Nekrosen an der Infektionsstelle, oft geschwulstmäßig. Starke Füllung und dunkle Färbung des Herzens mit dickem Blutgerinnsel. Starker Milztumor mit zahlreichen gelben Knötchen, nekrotische Herde in der Leber	Milz und Leber von gelblichweißen Herden durchsetzt, Entzündung der Darmschleimhaut, übrige Organe ohne Veränderungen, Bakterien im Blut	grieskorn bis stecknadelkopfgroße Knötchen, die verkästen Tuberkeln ähnlich sehen in Milz und Leber, übrige Organe ohne Veränderungen, Bakterien im Blut	diphtheritische Erkrankungen der Rachenschleimhaut, manchmal Pneumonie, nekrotische Knötchenbildungen in Milz und Leber	Nekrose an der Impfstelle. Manchmal PneumonieEkchymosen an Pericard. Hämorrhag. Enteritis. Hyperplasie der Milz. Einmal walzenförmiger Milztumor mit miliaren Abszessen. Subkutane Hämorrhagien. Bakterien im Blu'

[1]) Nach Lehmann und Neumann: Bakt. Diagnostik, 5. Aufl. 1912. [2]) Nach Kitt: Pathologische Anatomie der Haustiere, 4. Aufl, 2. Bd. 1911.

	Gruppe des Paratyphus B und dessen Verwandte.					Kanarienpathogene Organismen die bisher nur einmal beschrieben sind.	
Morphologie und Biologie	Joest	Zsupán	Pfeiler	Adam und Meder	Gilruth	Rieck	Freese
Form: in Reinkultur	Kurzstäbchen mit abgerundeten Ecken	kurze, abgerundete, kokkenähnliche Stäbchen	ovoide und längere Formen	wie Stäbchen aus der Typhus-Koli-gruppe	von der Größe eines Kokkus bis zu der des Bact. typhus	ovale Stäbchen	stark abgerundete Stäbchen
im Tierkörper	—	keine Polfärbung	keine Polfärbung	Polfärbung	Polfärbung	Polfärbung	keine Polfärbung
Beweglichkeit	sehr beweglich	lebhaft beweglich	lebhaft eigenbeweglich	lebhaft eigenbeweglich	beweglich	lebhaft eigenbeweglich	unbeweglich
Gramfärbung	negativ	negativ	negativ	negativ	negatv	negativ	positiv
Gelatine-Platte	—	runde, scharf abgegrenzte, bläulich weiße Kolonien im durchfallenden Licht	wie Paratyphus B	wie Paratyphus	glatte, runde Kolonien mit warzenartigem Zentrum, feucht, graulichweiß	kreisrunde oder ovale, scharf konturierte, braungelbe Kolonien	runde Kolonien mit scharfem, hellen Rand, Zentrum dunkel, Verflüssigung in 4—5 Tagen
Stich Verflüssigung	nicht verflüssigt, weißlicher Faden	nicht verflüssigt, weißl. Streifen,	wie Paratyphus B	wie Paratyphus B	nicht verflüssigt	nicht verflüssigt, zusammenhängender Faden	nach 40 Std. beginnende Verflüssigung
Agar-Platte	—	zarte, bläulichgraue Kolonien, rund, scharf abgegrenzt	wie Paratyphus B	wie Paratyphus B	wie auf Gelatine	wie auf Gelatine	grauweiße, mohnsamengroße Kolonien
Strich	weißgrauer Rasen	wie auf der Platte	wie Paratyphus B	wie Paratyphus B	—	—	glashelle, bläuliche Kolonien
Kartoffel	grauweiß, feuchtglänzend	mattglänzend, zitronengelb, gelblichbraun		wie Paratyphus B	dünnes, meist unsichtbares Wachstum	gelbgrauer Belag	grauweiß bis bräunlichgelb

Morphologie und Biologie	Gruppe des Paratyphus B und dessen Verwandte. (Fortsetzung.) Joest	Zsupán	Pfeiler	Adam und Meder	Gilruth	Kanarienpathogene Organismen die bisher nur einmal beschrieben sind. Rieck	Freese
Milch	nicht koaguliert, später graugelb wäßrig	nach 3 Wochen keine Gerinnung	am 21. Tag peptonisiert	nach 8 Tagen Aufhellung, gelbl. durchscheinend in 21 Tagen	nicht koaguliert	—	in 15 Std. koaguliert
Gasbildung	vorhanden	vorhanden	vorhanden	je nach der angewandten Zuckerart wechselndes Verhalten	vorhanden	—	kein Gas
Neutralrot	—	—	am 1. Tag gering verändert, am 21. Tag wieder rot	vollständige, gelbgrüne Fluoreszenz	vollständig reduziert	—	—
Bouillon	—	gleichm. Trübung, grauweißes Häutchen	wie Paratyphus B	wie Paratyphus B	gleichm. getrübt, kein Häutchen, geringer Bodensatz	gleichmäßig getrübt	gleichm. getrübt, wolkenartiger Bodensatz, kein Häutchen
Indol	nicht gebildet	nach 8 Tagen nicht gebildet	am 21. Tag nicht gebildet	nach 40 Tagen nicht gebildet	nicht gebildet	—	nach 4 Tagen nicht gebildet
Schwefelwasserstoff	nicht gebildet	nicht gebildet	gebildet	in 24 Std. kräftig gebildet	—	—	—
Pathologisch-anatomischer Befund	geringgradige, katarrhalische Enteritis, Milztumor, Bakterien im Blut	Magendarmkatarrh, trübe Schwellung der Leber und Nieren, Milztumor, Peritonitis, nekrotische Herde in Leber und Niere	katarrhalisch blutige Entzündung der Darmschleimhaut, meist serös oder sero-fibrinöse Pleuritis oder Peritonitis, Blutungen unter Epi- und Endocard, Hyperplasie der Milz, Bakterien im Blut	mehr oder weniger ausgeprägte Darmentzündung, akuter hyperämischer Milztumor, Hyperämie der Leber u. Nieren, Bakterien im Blut	außer einer leichten Milzschwellung alle Organe normal, wenig Bakterien im Blut	Hämorrhagien in Lunge und Herzmuskel, rußartige Verfärbung der Haut, multiple Nekrose oder Abszesse der Leber, niemals Milzveränderung, zahlreiche Bakterien im Blut	Darmschleimhaut im Dünndarmanfang gerötet und geschwollen, Leber blutreich oder brüchig, gelblich verfärbt, Milztumor nicht immer vorhanden, Bakterien im Blut

den Eindruck, als ob sie auf tuberkulöser Basis beruhten. Tuberkelbazillen konnten jedoch nicht gefunden werden, sondern nur kleine, kurze, plumpe Stäbchen. — Auf der Rachenschleimhaut waren gelbe, mit der Pinzette entfernbare Beläge. Die übrigen Organe befanden sich ohne Veränderung, das Herzblut enthielt keine Organismen. Die Milz- und Leberausstriche zeigten dies erwähnte Stäbchen mit Polfärbung. Es gelang, durch subkutane Infektion mittelst Reinkultur in Organteilen von verendeten Tieren, sowie durch Auftragen auf die Rachenschleimhaut, als auch durch Fütterung, bei gesunden Kanarien den Tod unter den geschilderten Krankheitserscheinungen und dem gleichen pathologischen Befunde herbeizuführen. Im allgemeinen waren andere Tiere als Kanarienvögel für die Infektion mit dem ermittelten Bakterium wenig geeignet.

Auf Grund der kulturellen Erscheinungen des Erregers, sowie des Sektionsbefundes faßten die Untersucher ihr Stäbchen als ein Bakterium sui generis auf und belegten es mit dem Namen „Bacillus canariensis necrophorus".

In Australien beobachtete Gilruth[1]) eine Kanarienseuche. Außer einer sehr starken Milzschwellung fanden sich keine pathologischen Veränderungen. Der isolierte Organismus, der sich in geringer Anzahl im Blut vorfand, zeigte in Organausstrichen Polfärbung und Entfärbung nach Gram. Die Reinkultur ergab ein bewegliches Stäbchen, das in seiner Länge oft zwischen der eines Kokkus oder des Bact. typhi schwankte. Wegen des Fehlens der Indolbildung rechnet Gilruth sein Bakterium nicht zur Koligruppe.

Die mit Reinkultur geimpften Tauben, Kanarienvögel, Kaninchen und Mäuse starben und zeigten außer einer starken Nekrose der Impfstelle meist nur eine geringe Milzschwellung. Bei den Meerschweinchen war an der Injektionsstelle öfters ein käsiger Herd vorhanden.

Bei einer anderen Epidemie isolierte Pfeiler[2]) aus dem Herzblut und den Organen ein Stäbchen, das durch seine morpho-

1) Diseases of canaries. The veterinary Journal 1910, Bd. 17.

2) Über ein seuchenhaftes, durch Bakterien aus der Paratyphusgruppe verursachtes Kanariensterben. Berl. tierärztl. Wochenschr. 1911, Nr. 52.

logischen und biologischen Merkmale als echtes Bact. paratyphi B erkannt und durch ein agglutinierendes Paratyphus B-Serum bis zur Titergrenze 1 : 2000 agglutiniert wurde. Die Krankheitserscheinungen bestanden in profusen Durchfällen. Die Sektion ergab katarrhalisch-blutige Entzündung der Darmschleimhaut, meist fibrinöse oder serofibrinöse Pleuritis und Peritonitis, Blutungen unter das Epi- und Endokard. Die Bakterien zeigten niemals Polfärbung. Die künstliche Infektion von Kanarienvögeln gelang.

Das gleiche Bakterium konnten A d a m und M e d e r[1]) bei drei Seuchengängen unter Kanarien reinzüchten. Die Agglutination ging bei Paratyphus-B-Serum fast bis zur Titergrenze. Auch konnten durch ein mit dem kanarienpathogenen Stamm hergestelltes Kaninchenimmunserum echte, vom Menschen stammende Paratyphus-B-Stämme fast bis zur Titergrenze agglutiniert werden. Die Verfasser schließen hieraus, daß ihre gefundenen Stämme den für Menschen pathogenen sehr nahe verwandt, wenn nicht gleich sein müssen. Auch weisen sie auf die Möglichkeit hin, daß Menschen, die mit der Wartung der Tiere betraut sind, sich durch fortdauernde Aufnahme der Erreger infizieren können.

In Budapest hat Z s u p á n[2]) eine aus Dresden eingeschleppte Kanarienseuche beobachtet. Das Bakterium, das er aus den gefallenen Tieren isolierte, glich im wesentlichen dem kurz vorher in Dresden von J o e s t beschriebenen. Z s u p á n nimmt daher an, daß er es mit demselben Organismus zu tun gehabt hatte. Die beiden Seuchen, die Dresdner und die Budapester, voneinander zu trennen, bezeichnet er deshalb mit Recht als unzweckmäßig.

---

1) Über Paratyphus-B-Infektionen bei Kanarienvögeln und Untersuchungen über das Vorkommen von Bakterien der Koli-Typhusgruppe im normalen Kanarienvogeldarm. Z. f. Bakt. 1912, Bd. 62, Or. I.

2) A Kanárimadarzak fertözö Gyomor-Bélhurutja (Kanári-Typhus). Diss. Budapest 1910. (Infektiöser Magendarmkatarrh bei Kanarienvögeln [Kanarientyphus]. Kurzes Referat in den Jahresberichten von E l l e n b e r g e r und S c h ü t z für 1909, S. 352.)

Meine Angaben gründen sich auf eine deutsche Übersetzung des Originals, das uns von Herrn Prof. H u t y r a , Budapest, freundlichst überlassen wurde.

Die Krankheitserscheinungen traten plötzlich auf und bestanden hauptsächlich in Mattigkeit und akutem Darmkatarrh. Die Vögel gingen spontan 12 bis 30 Stunden nach Beginn der Erkrankung unter Krämpfen ein. — Das pathologisch-anatomische Bild bestand in Milztumor, trüber Schwellung der Leber und Nieren, vereinzelten nekrotischen Herden in diesen Organen (nicht regelmäßig anzutreffen), Peritonitis und Magendarmkatarrh. Das in Reinkultur aus dem Herzblut gezüchtete, lebhaft bewegliche Stäbchen war für Kanarienvögel besonders virulent.

Wegen der weitgehenden Ähnlichkeit seines Erregers mit dem echten Bact. typhi hat Zsupán der Seuche die Bezeichnung „Kanarientyphus" beigelegt. Den einzigen Unterschied zwischen beiden Organismen findet er in dem Umstand, daß das menschenpathogene Bact. typhi Toxine bildet, während ihm die Darstellung von Toxinen bei dem kanarienpathogenen Stamm nicht gelang.

Eigene Untersuchungen.

Unter dem Kanarienbestande eines hiesigen Züchters brach im Juli 1912 eine Seuche aus, der innerhalb von 2 bis 3 Wochen alle Tiere, „44 Harzer", zum Opfer fielen. Die Krankheitserscheinungen bestanden in Freßunlust und Mattigkeit; das Gefieder war gesträubt, die Atmung sehr angestrengt. Beim Fortbewegen auf dem ebenen Boden taumelten die Tiere und waren unsicher auf den Ständern. 3 bis 4 Tage nach dem Auftreten dieser Erscheinungen starben die Vögel plötzlich ohne Krämpfe. Bei sechs kranken, uns von dem Züchter zur Verfügung gestellten Tieren, konnten wir die von ihm gemachten Beobachtungen bestätigen.

Die Sektion ergab bei allen übereinstimmend folgenden Befund:

Ekchymosen am Perikard, hämorrhagische Enteritis, manchmal Pneumonie. Die Milz war jedesmal beträchtlich vergrößert.

Aus allen Organen und aus dem Blut fand sich in Ausstrichpräparaten, mit Methylenblau oder Giemsalösung gefärbt, ein kleines ovales Stäbchen mit Polfärbung von der Größe des Hühnercholeraerregers, das in Reinkultur gezüchtet werden konnte.

Die Gramsche Färbung nahm es nicht an, es war unbeweglich. Geißeln und Sporen konnten nicht nachgewiesen werden.

Bei den Organausstrichen auf Agar fand erst nach 30 Stunden ein deutlich sichtbares Wachstum bei 37° statt, bei 22° ist es etwas geringer. Sowohl auf Agarplatten, im Strich und im Stich, als auch auf Gelatine war das Wachstum von dem eines zarten Bact. coli nicht zu unterscheiden. Auf der Kartoffel bildete sich ein unscheinbarer, feiner, farbloser Belag. Die Milch zeigte erst nach 17 Tagen Gerinnung mit ganz geringer Säurebildung.

In der Bouillon war das Wachstum sehr üppig. Sie wurde gleichmäßig getrübt, der sich bildende Bodensatz ist nach sechs Tagen reichlich und von wolkiger, klumpiger Beschaffenheit; die Oberfläche zeigt kein Häutchen. Manchmal konnte man eine Schlierenbildung in der Nähe der Oberfläche feststellen.

Gasbildung trat in Traubenzuckeragarschüttelkulturen nicht ein, ebensowenig konnte Schwefelwasserstoff nachgewiesen werden. Von Indol waren nach 11 Tagen durch die Salkowskysche Probe geringe Spuren nachzuweisen, die am 20. Tag sich nicht gesteigert hatten.

Auf Löfflerserum wuchs das Stäbchen als ein feiner, farbloser Belag.

Von gefärbten Nährböden wurden zur Diagnose Drigalski- und Endoplatten, sowie Neutralrot- und Malachitgrünagar herangezogen. Auf den beiden erstgenannten bildete das Bakterium blaue bzw. farblose Kolonien. Eine Veränderung des Neutralrots trat während einmonatlicher Beobachtung nicht ein; dagegen wurde der Malachitgrünagar nach 3 bis 4 Tagen gelb gefärbt. Das zuerst äußerst spärliche Wachstum nahm mit steigender Entfärbung immer mehr zu[1]).

Auf Blutnährböden war das Wachstum besonders üppig in Gestalt eines weißlichen, saftigen Belages. Die über Hämolyse gemachten Beobachtungen werden später gesondert besprochen.

1) Nach Hutyra sollen Bakterien der hämorrhagischen Septikämie auf Endo- und Malachitnährböden nicht gedeihen (zitiert in Kolle-Wassermann, 2. Aufl. 1912, Bd. 6.

Infektionsversuche.

Zu diesen Versuchen wurden Kanarienvögel und Mäuse benutzt. Die Vögel wurden am Brustmuskel subkutan mit einer Nadel infiziert, die eine Spur einer 24 stündigen Agarkultur enthielt. Die Krankheitserscheinungen, die nach 24 bis 36 Stunden auftraten, waren gleich denen eingangs beschriebenen. Doch waren die Tiere munterer und fraßen bis wenige Stunden vor dem Tode. Von der Impfung bis zu diesem Zeitpunkt vergingen in der Regel 3 bis 6 Tage. Die Mattigkeit in den Extremitäten war 3 Tage vor dem Ende festzustellen. Die Tiere fielen dann plötzlich um und starben, meistens ohne Krämpfe. Gesunde Kanarien, die 24 Stunden nach dem Eingehen der Kranken in deren nicht gereinigtes Bauer gebracht wurden, starben ebenfalls an der Seuche. Die Sektion zeigte die oben erwähnten pathologisch-anatomischen Befunde. Nur einmal war ein walzenförmiger Milztumor mit miliaren, käsigen Abszessen festzustellen, wie es Mießner, Zwick (l. c.) und Schern (l. c.) verzeichneten. Aus allen Organen, den Blut- und Milzabszessen, wurde wieder das ovoide Bakterium in Reinkultur gefunden.

Bei intraperitonealer Infektion von 0,1 ccm 24stündiger Bouillonkultur gingen weiße Mäuse in 24 Stunden ein. Bei subkutaner Infektion starben die Tiere in 6 bis 8 Tagen. Unter der Haut war an der Impfstelle meist ein ausgebreiteter Eiterherd. Außer diesem und subkutanen Hämorrhagien fand sich kein pathologischer Befund. Aus allen Organen und dem Blut wurde der Organismus in Reinkultur gezüchtet.

Dieser Mikroorganismus zeigt nun im wesentlichen folgende morphologische und biologische Eigenschaften:

Im Tierkörper bildet er ovoide und längere Stäbchen mit Polfärbung, in der Reinkultur überwiegen die ovoiden Formen, jedoch fehlt die Polfärbung.

Er ist gramnegativ, unbeweglich, besitzt weder Sporen noch Geißeln und bildet auf Agar und Gelatine an Bact. coli erinnernde zarte Kolonien. Aus Traubenzucker wird kein Gas gebildet, auch findet eine Schwefelwasserstoffentwicklung nicht statt. Indol

ist nur in geringen Spuren vorhanden. Am 17. Tag wird die Milch koaguliert. Auf der Kartoffel ist nur ein feiner, zarter, farbloser Belag zu bemerken.

Von der Originalbeschreibung des Bacterium septicaemiae haemorrhagicae (siehe Zusammenstellung) weicht der Kanarienvogelstamm ab in dem Fehlen von H_2S und dem Vorhandensein der Milchgerinnung.

Trotz dieser Unterschiede unterliegt es keinem Zweifel, daß wir es auch hier mit einem Vertreter der hämorrhagischen Septikämie zu tun haben, da bekannt ist, daß das Auftreten von Schwefelwasserstoff und Milchkoagulation ziemlich großen Schwankungen unterworfen ist.

Beim Vergleich des oben genannten Stäbchens mit den von Adam und Meder, Pfeiler, Gilruth sowie Mießner und Schern isolierten kanarienpathogenen Mikroorganismen scheiden die drei ersten ohne weiteres aus, da sie echte Paratyphus-B-Bakterien sind. Der Gilruth sche Organismus darf vielleicht auch hier einbezogen werden, da er kulturell dem Paratyphus B sehr nahe steht[1]).

Mießner und Schern, die ihrem Bakterium die Bezeichnung „Bacillus necrophorus canariensis" beilegten, halten ihn wegen des Fehlens im peripheren Blute, seiner ausgesprochenen Neigung, nekrotische Knötchenbildung in Milz und Leber, sowie diphtherische Erkrankungen der Rachenschleimhaut der befallenen Tiere zu erzeugen, für ein Bakterium eigener Art.

Nekrotische Herde in Milz und Leber, die mit tuberkuloseähnlichem Eiter angefüllt sind, werden bei der hämorrhagischen Septikämie gerade so häufig beobachtet und sind kein allzu seltener

1) Anmerkung bei der Korrektur: Aus einem bei mir im Zimmer gehaltenen Pärchen von Prachtfinken, die plötzlich aus voller Gesundheit heraus an Krämpfen starben, wurde aus allen Organen und dem Herzblut ein Bakterium in Reinkultur isoliert, das sich morphologisch und biologisch wie Bact. paratyphi B verhielt. Eine Agglutination jedoch mit Paratyphus-B-Immunserum konnte nicht festgestellt werden. — Pathologisch-anatomisch waren keine auffallenden Veränderungen nachweisbar. Die Leber des einen Vogels war etwas blutreicher, der Darm der beiden Tiere vollständig normal, ebenso die Milz und die Nieren.

Befund. In einer älteren Arbeit hat Sticker (l. c.) besonders auf diese käsigen Prozesse bei der Hühnercholera aufmerksam gemacht. Auch bei meinen Infektionsversuchen fand sich ein wurstförmiger Milztumor, durchsetzt mit miliaren nekrotischen tuberkuloseähnlichen Knötchen. Die gleichen Befunde verzeichnen Zwick, v. Wasielewski und Hoffmann und Pfaff. Besonders ersterer hebt die Ähnlichkeit mit tuberkelähnlichen Prozessen hervor.

Dem Organismus aber wegen der pathologisch-anatomischen Erscheinungen den Namen „Streptobacillus pseudotuberculosis fringillae canariensis" zuzulegen, wie Rátz (zitiert nach Zsupán) vorschlägt, ist vom bakteriologischen und nomenklatorischen Standpunkt aus unbedingt zu verwerfen.

Die diphtherischen Beläge, die Mießner und Schern ebenfalls als besonders charakteristisch ansehen, sind, wie Zsupán (l. c.) mitteilt, von Rátz in Budapest öfters gefunden worden. Mit Recht weist Zsupán darauf hin, daß sich diese Beläge nur bei der Infektion vom Rachen aus vorfinden, wie Mießner und Schern selbst angeben. Bei Infektionen vom Brustmuskel aus traten jedoch niemals die beschriebenen Membranen im Halse auf.

Auf das Fehlen der Organismen im Blut ist in vielen Fällen ebenfalls kein differentialdiagnostisches Gewicht zu legen.

Es ist daher das Bakterium von Mießner und Schern nicht als eine besondere Art, sondern als eine Varietät des Bacterium septicaemiae haemorrhagicae aufzufassen.

Im Hinblick auf die oben gegebenen Auseinandersetzungen scheint es sachgemäß, die folgenden Kanarienvogelseuchen nach ihren Erregern in drei Gruppen zu trennen, und zwar in solche, die hervorgerufen werden:

1. durch Bakterien aus der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie:

   hierher gehören die von Kern, v. Wasielewski und Hoffmann, Pfaff, Zwick, Mießner und Schern, Zeiss beobachteten Epidemien, sowie nach

ihren eigenen Mitteilungen die von Zürn, Friedberger und Fröhner und Sticker;

2. durch das Bacterium paratyphi B und seine Verwandte:

   sie umfassen die Epidemien von Joest, Pfeiler, Adam und Meder, Gilruth und Zsupán;

3. durch die Organismen von Rieck und Freese, die weder zu der einen noch zu der andern Gruppe gerechnet werden können.

II. Bakteriologischer Befund aus einem tuberkuloseähnlichen Abszeß beim Kaninchen.

Unter dem Namen „Pseudotuberkulose" ist eine in der Krankheitslehre der Tiere, neuerdings auch der Menschen, beschriebene pathologische Erscheinung bekannt, die den durch das Mycobacterium tuberculosis verursachten anatomischen Veränderungen ähnlich ist, jedoch nicht durch säurefeste Stäbchen hervorgerufen wird[1]).

Als Erreger dieser pseudotuberkulösen Knötchen hatte Pfeiffer[2]) ein gramnegatives, unbewegliches Bakterium beschrieben, das sich bipolar färbt und besonders auf Agar üppige, an Bact. coli erinnernde Kolonien bildet. Anstatt ihn in Beziehung zu bereits bekannten Organismen zu bringen, die in ihrem morphologischen und biologischen, sowie pathogenen Verhalten ihm gleichen oder nur in Kleinigkeiten von ihm abweichen, hat man im Gegenteil versucht, ihm eine Sonderstellung im Bakteriensystem einzuräumen und ihn „Bacillus pseudotuberculosis rodentium" genannt.

Es sind nun im Laufe der Zeit eine Reihe dem zuersterwähnten nahestehende Organismen gefunden worden, die sich durch ihre meist hohe Virulenz für die kleinen Nager und ihre Fähigkeit, tuberkuloseähnliche Granulationsgeschwülste hervorzurufen, auszeichnen.

---

1) Als nichtbakterielle Ätiologie kommen fernerhin in Betracht: Hefen, Schimmelpilze, Würmer und deren Eier, unbelebte Fremdkörper u. dgl. (s. Kitt: Pathologische Anatomie der Haustiere).

2) Angabe nach Poppe: Pseudotuberkulose (in Kolle-Wassermann, 1912, Bd. 5, 2. Aufl.).

Außer dem gramnegativen Stäbchen, dem »eigentlichen« Bacillus pseudotuberculosis rodentium (Pfeiffer), das in seinem ganzen morphologischen und biologischen Verhalten kaum oder gar nicht von dem Erreger der hämorrhagischen Septikämie und der Pest zu trennen war, wie dies die eingehenden Untersuchungen von Zlatogoroff[1]), Byloff[2]), Mc Coy[3]), Vourloud[4]) u. a.[5]) dargelegten, fanden in jüngster Zeit Dieterlen[6]), Eckersdorff[7]) und Simon[8]), daß auch dem Bacterium paratyphi B die Fähigkeit, pseudotuberkulose Granulationsgeschwülste zu erzeugen, zukommt*).

Beim Menschen hat Albrecht[9]) ein pseudotuberkuloseähnliches Stäbchen aus einem eitrigen Darmabschnitt isoliert, das er für identisch mit dem Pfeifferschen Bakterium hielt.

Einen Schritt weiter ging Lorey[10]), der in tuberkelähnlichen Knötchen der Leber einen Mikroorganismus fand, den er nach

1) Zur Morphologie und Biologie der Mikroben der Bubonenpest und des Pseudotuberkulosebazillus der Nagetiere. Z. f. Bakt. 1904, Or. 37. Die vergleichende Zusammenstellung siehe dort und in Lehmann und Neumann, Bakt. Diagnostik, 5. Aufl. 1912, S. 299 und 300, sowie Dieudonné und Otto: Pest (Kolle-Wassermann, Bd. 4, 2. Aufl. 1912, S. 229).

2) Über eine pestähnliche Erkrankung der Meerschweinchen. Z. f. Bakt. 1906, Or. 41 u. 42.

3) Zitiert nach Dieudonné und Otto.

4) Cultures du Bact. typhi, du Bact. coli et de quelques autres bactéries rapprochés du groupe coli-Typhique sur milieu de Drigalski-Conradi. Z. f. Bakt. 1906, Or. 40.

5) Siehe 3).

6) Über Pseudotuberkulose bei Meerschweinchen, verursacht durch das Bact. paratyphi B. Arb. a. d. Kais. Gesundh.-Amt 1909, Bd. 30.

7), 8) und 9) Zitiert nach Poppe.

10) Über einen unter dem klinischen Bilde des Typhus abdominalis verlaufenden Krankheitsfall, hervorgerufen durch ein anscheinend der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie angehörendes Stäbchen. Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt. 1911, Bd. 68.

*) Anmerkung während der Korrektur: Aus dem Herzblut und den Organen eines spontan eingegangenen Meerschweinchens hat in jüngster Zeit Kirch (Über experimentelle Pseudotuberkulose durch eine Varietät des Bac. Paratyphi B; Arch. f. Hyg. 1913, Bd. 78) einen Organismus isoliert, der sich wie Bact. paratyphi B verhielt. Infektionen mit der Reinkultur dieses Stäbchens riefen bei kleinen Nagern pathologische Prozesse hervor, die mit tuberkulösen weitgehende Ähnlichkeit aufwiesen.

seinem morphologischen, biologischen und pathogenen Verhalten zu der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie zählte, jedoch auch besonders seine nahe Verwandtschaft zu dem „Bacillus pseudotuberculosis" hervorhob.

Neben den erwähnten gramnegativen Bakterien fand man auch gramfärbbare, Gelatine verflüssigende Bakterien, welche die gleichen pathogenen Eigenschaften wie die nach Gram entfärbbaren auswiesen. Cipollina[1]) hat diese unter dem Namen der „atypischen Pseudotuberkulosebazillen" zusammengefaßt. Von diesen macht der von Wrede[2]) aus dem Menschen isolierte Mikroorganismus eine Ausnahme, er verflüssigt die Gelatine nicht.

Um endlich in diese Unmenge von Beobachtungen und Mitteilungen über Pseudotuberkuloseerreger Übersicht zu bringen, und zu versuchen, bei ihnen gemeinsame Kennzeichen zu finden, die erlauben, sie als Vertreter einer Art aufzufassen, kam Glässer[3]) auf Grund einer großen Reihe vergleichender Beobachtungen und eigener Versuche zu dem Ergebnis, daß es für Tiere nur einen Bacillus pseudotuberculosis gibt. Alle anderen, die unter dem Namen Pseudotuberkulose der Mäuse, Ratten, Nagetiere

1) Zitiert nach Poppe.

2) Über Pseudotuberkulosebazillen beim Menschen. Zieglers Beiträge zur patholog. Anatomie 1912, Bd. 32. (Viel Literatur.)

Neuerdings erschienen zwei Arbeiten von Saisawa: „Über die Pseudotuberkulose beim Menschen" und „Vergleichende Untersuchungen über den Bazillus der Pseudotuberkulose" (Zeitschr. f. Hyg. und Inf. 1912, Bd. 73). In der ersten Arbeit berichtete S. über einen Fall beim Menschen, bei dem er in der Milz und Leber, besonders aber im Ileum und Ileocoecalabschnitt des Darms tuberkuloseähnliche Veränderungen fand, die von einem Bakterium verursacht wurden, das S. als „Pseudotuberkulosebazillus" aussprach. Der Erreger war auch im Blute nachzuweisen. In der zweiten Abhandlung hat S. vergleichende Untersuchungen mit den von Pfeiffer, Abel, Albrecht, Lorey und ihm gefundenen Bakterien vorgenommen und ihre Arteinheit festgestellt, sie jedoch nicht in die Gruppe der hämorrhagischen Septikämie eingereiht, sondern sie in ihrer Sonderstellung als „Pseudotuberkuloseerreger" gelassen.

3) Untersuchungen über pseudotuberkulöse Erkrankungen, mit besonderer Berücksichtigung der Pseudotuberculosis ovis. Arch. f. Tierheilk. 1909, Bd. 35 (viel Literatur).

und Schafe geführt werden, seien nur als Varietäten einer Art aufzufassen.

Er hat ferner auf die Ähnlichkeit zwischen dem Erreger der Pyobazillose des Rindes und des Schweines, sowie der Pseudotuberkulose hingewiesen und die Möglichkeit ihrer nahen Verwandtschaft ausgesprochen. Seine Vermutungen haben durch die Arbeit von Dunkel[1]) ihre Bestätigung gefunden, dem es gelang, den Bacillus pyogenes ovis in den Bacillus pseudotuberculosis bovis durch kombinierte Kaninchen-Schafpassage umzuwandeln.

Überblickt man die Reihe der gramnegativen Pseudotuberkulosebazillen, so sieht man, daß sowohl Vertreter der hämorrhagischen Septikämiegruppe, die wir als erweiterte Typhus-Koligruppe auffassen müssen, als auch die nächsten Verwandten des Bact. typhi und coli verkäsende, tuberkuloseähnliche Granulationsgeschwülste hervorrufen können.

Schon in einer älteren Arbeit hat A. Sticker (l. c.) darauf aufmerksam gemacht, daß bei der Hühnercholera häufig käsige Prozesse der Lungen und der Lymphfollikel beobachtet werden, diezuerst sich nicht von tuberkulösen unterscheiden ließen, aus denen jedoch der Erreger der Hühnercholera isoliert und bei künstlicher Infektion die gleichen Veränderungen hervorgerufen werden konnten.

Auf der andern Seite bilden die vorgenannten Organismen, die durch ihre Gramfestigkeit und ihr Vermögen Gelatine zu verflüssigen oder unverändert zu lassen, möglicherweise eine Gruppe für sich, was aber infolge der teilweise ungenügenden Beschreibung nicht sicher zu beweisen ist.

Es ist daher nicht angängig, von einem bestimmten Erreger der Pseudotuberkulose zu reden, denn es kommen in erster Linie Vertreter aus der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie und weiterhin nähere Verwandte aus der Typhus-Koligruppe in Betracht. Anderseits wird man auch noch einige Eitererreger, die unter dem Namen der Pyobazillen der Haustiere beschrieben

1) Untersuchungen über die Beziehungen des Bac. pyog. bovis et suis zu dem Bac. pseudotuberc. ovis. Vet.-Diss. Gießen 1908.

sind, dazu rechnen müssen, über deren Stellung im System die Angaben der Autoren leider noch auseinandergehen.

Wie gerade in Lehrbüchern die Begriffe Pseudotuberkulose, Pseudo t u b e r k u l o s e bazillen, Pseudo t u b e r k e l bazillen durcheinander und nebeneinander gehen, dafür sprechen folgende Beispiele: Die Smegmabakterien nennt L e n h a r t z[1]) das eine Mal in einer Kapitelüberschrift „Pseudotuber k u l o s e bazillen", in dem nun folgenden Text gehen sie unter dem Namen Pseudo-t u b e r k e l bazillen. Diese letztere Bezeichnung ist jedoch für die säurefesten Mykobakterien aus Butter, Gras usw. vorbehalten (s. P o p p e). Von den durch diese Organismen hervorgerufenen pathologischen Veränderungen bei Meerschweinchen sprechen aber K o l l e und H e t s c h[2]) als „P s e u d o t u b e r k u l o s e".

Um der bestehenden Verwirrung zu steuern, wäre es am besten, den Ausdruck „Pseudotuberkulose", der ja nur eine Verlegenheitsdiagnose ist, gänzlich fallen zu lassen, wie es in der veterinärmedizinischen Literatur bereits geschieht.

Eigene Beobachtung.

Bei einem Kaninchen, das ohne äußere Krankheitserscheinungen stark abmagerte und kein Futter mehr nehmen wollte, fand man nach der Tötung zwischen der Leber und der Wirbelsäule, und zwar mit ersterer stark verwachsen, einen kleinapfelgroßen Tumor. Beim Durchschnitt durch die ziemlich derbe Membran fand sich im Innern käsiger Eiter, der dem bei Tuberkulose gefundenen sehr ähnlich sah. Außer diesem käsigen Abszeß fehlte jede pathologische Veränderung in den Organen, vor allem war d e r D a r m f r e i von jeglicher Knötchenbildung.

Auf Tuberkelbazillen gefärbte Eiterausstriche hatten ein negatives Ergebnis, auch ließen sich durch Methylenblau- und G i e m s a lösung keine Organismen darstellen, worauf auch bereits B y l o f f (l. c.) aufmerksam gemacht hat.

1) Leitfaden der Mikroskopie und Chemie am Krankenbett, 6. Aufl. 1910.

2) Die experimentelle Bakteriologie und die Infektionskrankheiten, 3. Aufl. 1911.

Mit dem käsigen Eiter wurde ein Meerschweinchen subkutan geimpft, und nach einem Vierteljahr konnten bei der Sektion nirgends tuberkulöse oder tuberkuloseähnliche Veränderungen nachgewiesen werden. Aus der Mitte des Abszesses sowie aus seinen Randteilen legte ich Agar- und Serumplatten an. Auf den Agarplatten zeigten sich am zweiten Tage winzige bläuliche, irisierende Kolonien in Reinkultur, die in ihrem Aussehen an ein zartwachsendes Bact. coli erinnerten. Die Prüfung der Kultur ergab die folgenden morphologischen und biologischen Merkmale.

Der Organismus ist ein gramnegatives Stäbchen von der Größe der Hühnercholera. Er besitzt molekulare Beweglichkeit, Geißeln sind nicht vorhanden, auch bildet er keine Sporen.

Sowohl auf gewöhnlichem Agar, Glyzerin- und Blutagar, in der Gelatine- und Milchkultur und dem Löfflerschen Blutserum, als auch auf Endo-, Drigalski-, Malachit- und Neutralrotnährböden war das Bakterium in seinem Wachstum von dem oben beschriebenen Erreger der Kanarienvogelseuche nicht zu unterscheiden.

Dagegen bestanden folgende Unterschiede:

Auf Kartoffel zeigte sich eine hellgelbe, nach 3 bis 4 Tagen braune, trockene Auflagerung. Die Indolbildung war am 6. Tage deutlich vorhanden, Schwefelwasserstoff hatte sich in 24 Stunden stark entwickelt.

Danach stimmt das Stäbchen in seinem Verhalten, mit Ausnahme des üppigen Kartoffelwachstums, mit dem der hämorrhagischen Septikämie überein.

Überraschend ist allerdings das vollständige Fehlen jeder Pathogenität für Mäuse, Meerschweinchen, Kaninchen und Kanarienvögel.

Weder auf subkutanem noch intraperitonealem Wege gelang es, Krankheitserscheinungen irgendwelcher Art hervorzurufen. Auch durch Fütterung, Infektion von der verletzten Kornea und Konjunktiva und von der Nase aus konnte keine Infektion erreicht werden. Bei der nach einem Vierteljahre vorgenommenen Sektion ließen sich nicht die geringsten pathologischen Veränderungen nachweisen.

Das eigentümliche Verhalten kann nur so erklärt werden, daß der Organismus während des langen Aufenthaltes im Abszeß die Pathogenität verloren, dagegen seine Wachstumsfähigkeit bewahrt hat.

Zum Vergleich mit meinem Abszeßstamm führe ich die bereits früher aus Kanincheneiter und -abszeß isolierten Mikroorganismen an von Schimmelbusch und Mühsam[1]), Koppányi[2]) und Fuchs[3]).

Die beiden ersten Untersucher schildern ihren Organismus als gramnegativ, unbeweglich, der bald kokkenähnliche, bald bazilläre Formen aufwies.

Wegen des fehlenden Gelatine- und Kartoffelwachstums und der Gramnegativität erklärten sie ihren Bazillus von dem Erreger der Mäuseseptikämie und der hämorrhagischen Septikämie verschieden, „denn diese Bakterien gedeihen auf Gelatine und färben sich nach Gram, beide Eigenschaften fehlen unserm Pilz" (l. c.).

Diese Angaben sind jedoch nicht ganz zutreffend, da die Mäuseseptikämie in die Proteusgruppe gehört, außerdem die Organismen der hämorrhagischen Septikämie sich nicht nach Gram färben. Nichtsdestoweniger scheint kein Zweifel zu sein, daß der Eitererreger von Schimmelbusch und Mühsam auch zur Gruppe der hämorrhagischen Septikämie zu rechnen ist. In dieselbe Gruppe müssen wir wahrscheinlich auch den von Koppányi benannten „Pyobacillus capsulatus cuniculi" einreihen, der nur in ganz unwesentlichen Punkten von der hämorrhagischen Septikämie abweicht.

Möglicherweise gehört auch der von Fuchs aus Abszeßeiter isolierte Organismus dieser Gruppe an, wenn er auch nur unter streng anaeroben Verhältnissen gewachsen sein soll. Leider sind

1) Über eine spontane eitrige Wundinfektion der Kaninchen. Arch. f. klin. Chirurgie 1896, Bd. 52.

2) Über eine mit fibrinöser Pleuritis einhergehende Pyämie der Kaninchen. Zeitschr. f. Tiermedizin, neue Folge, 1907, Bd. 11.

3) Zitiert nach Glage: Die Eiterungen bei den Haustieren (in Kolle-Wassermann, 2. Aufl. 1912, Bd. 6).

mir aber genauere Angaben über sein Wachstum aus der Literatur nicht zugänglich gewesen.

Zusammenfassung.

Aus einem tuberkuloseähnlichen Abszeß beim Kaninchen ließ sich ein Stäbchen aus der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie in Reinkultur isolieren, das sich völlig avirulent verhielt.

III. Eitrige Keratitis und Konjunktivitis beim Meerschweinchen.

Gleich den beim Menschen vorkommenden bakteriellen eitrigen Hornhauterkrankungen finden sich solche auch bei unseren Haustieren. Während bei ersterem der Streptococcus lanceolatus als Eitererreger im Vordergrund steht, sind es bei den Tieren hauptsächlich die gewöhnlichen Eiterkokken Microc. pyogenes aureus und albus, der Streptococcus pyogenes und dann in dritter Linie erst der Streptococcus lanceolatus.

Außer diesen Hornhautentzündungen, die meist unter dem Bilde des Ulcus serpens corneae und des Ulcus corneae auftreten, und entweder durch ektogene oder endogene Infektionen, wie bei der hämorrhagischen Septikämie, die öfters als Staupe oder Influenza bezeichnet wird, hervorgerufen werden, gibt es noch eine rein infektiöse Keratitis und Konjunktivitis, über deren Erreger leider bisher nur ganz unvollkommene Angaben vorliegen. Zu welcher Gruppe von Bakterien er gehört, ist bisher noch nicht festgestellt.

Bayer[1]) hatte allerdings mit einer Reinkultur Impfversuche am Auge angestellt. Doch welcher Art diese Reinkultur gewesen war, die „nahezu als Reinkultur" bezeichnet wird, ist nicht angegeben.

Er gibt nur eine kurze Mitteilung über den Befund „stäbchenartiger" Organismen in allen Schichten der Hornhaut, besonders in der Descemetschen Membran.

---

1) Augenheilkunde Bd. 5 des Handbuches der tierärztlichen Chirurgie und Geburtshilfe von Bayer und Fröhner, 2. Aufl. 1906, S. 235 bis 259.

Eigene Beobachtung.

Bei der eitrigen Keratitis eines Meerschweinchens, die mit einer blennorrhöartigen Bindehautentzündung vergesellschaftet war, fand sich im Eiter der Konjunktiva ein Stäbchen in Reinkultur, das nach seinen kulturellen Merkmalen in die Gruppe der hämorrhagischen Septikämie gestellt werden mußte.

In den mit Giemsalösung und Methylenblau gefärbten Sekretausstrichen waren eine Unmenge feinster ovoider, bald länglicher influenzaähnlicher Stäbchen mit Polfärbung zu erkennen. Die Punktion der Hornhaut mußte wegen der unruhigen Bewegung des Bulbus unterbleiben.

Von dem Bindehauteiter übertrug ich Flocken sowohl auf gewöhnlichen Agar, Glyzerinagar und als auch auf Meerschweinchenblutagar. Am ersten Tag gingen auf den Platten ohne Blutzusatz kleine koliähnliche Kolonien auf. Ebenso war ein Wachstum in Gestalt eines weißlichen Rasens auf den Blutplatten zu bemerken.

Die Prüfung ergab denselben Organismus auf allen Platten. In seinen kulturellen und morphologischen Merkmalen wich er von dem Erreger der vorhin beschriebenen Kanarienvogelkrankheit und dem Abszeßstamm nur in folgenden Punkten ab:

Das Wachstum auf der Gelatine (auf der Platte, im Stich und auf dem Strich) war äußerst kümmerlich. Längs des Stichkanals gedieh das Bakterium kaum. Die schwache Indolbildung stimmte mit der des Kanarienvogelstammes überein; am sechsten Tage war sie zum ersten Mal nachweisbar. Dagegen fand eine kräftige Schwefelwasserstoffentwicklung in den ersten 24 bis 30 Stunden statt. Auch in der Milch gedieh der Organismus, er brachte sie unter Säurebildung in 3 Tagen zur Gerinnung.

Die Prüfung auf die Pathogenität fiel vollkommen negativ aus. Weder auf subkutanem noch intraperitonealem Wege mit großen Dosen konnte der Tod der Versuchstiere — Kaninchen, Meerschweinchen und Mäuse — hervorgerufen werden. Kanarienvögel gingen bei Impfung in den Brustmuskel nicht ein. Das gleiche war bei Fütterungsversuchen und Einspritzen von

Bouillonkultur von der Nase aus der Fall. Auch von der verletzten und unverletzten Kornea und Konjunktiva des Meerschweinchens und Kaninchens verursachten die Organismen keine Krankheitserscheinungen irgendwelcher Art. Die Sektion der nach einem Vierteljahr getöteten Tiere ließ nirgends pathologische Prozesse erkennen.

Im Einklang hiermit steht die Erscheinung, daß von den mit dem kranken Tier in einem Käfig untergebrachten anderen Meerschweinchen kein einziges an einer Konjunktivitis oder hämorrhagischen Septikämie erkrankte.

Von der geplanten Infektion vom Glaskörper aus mußte leider Abstand genommen werden, da die Kulturen plötzlich ohne ersichtlichen Grund eingingen, und alle Versuche, sie zu erhalten, erfolglos blieben.

Beim Vergleiche des Keratitisstammes mit den für die menschliche Kornea pathogenen Stäbchen kommt seinem morphologischen und biologischen Verhalten nach das von zur Nedden[1]) isolierte „Bakterium des infektiösen Randgeschwürs" in Betracht. Mit ihm gemeinsam ist die bläuliche Kolonienbildung auf Agar, das geringe Gelatinewachstum, das Sauerstoffbedürfnis und die Fähigkeit, Milch zu koagulieren. Differentialdiagnostisch trennt ihn zur Nedden daher von dem Bact. coli, typhi, lactis aerogenes und dysenteriae. Auch ihm gelang es nicht, bei subkutaner, intraperitonealer und intravenöser Impfung Krankheitserscheinungen auszulösen. Nur für die Kornea erwies sich das Bakterium als besonders pathogen. Polfärbung scheint ebenfalls sein Organismus seiner Beschreibung nach zu besitzen, obwohl er die Eigenschaft, bei der Färbung oft helle Stellen im Zentrum aufzuweisen, nicht mit der Bezeichnung „Polfärbung" belegt.

1) Klinische und bakteriologische Untersuchungen über die Randgeschwüre der Hornhaut. Graefes Arch. f. Ophthalm. 1902, Bd. 54. — Das infekt. Randgeschwür der Kornea, ebenda 1904. — Über einige seltene Infektionskrankheiten der Hornhaut. Klin. Mon.-Bl. f. Augenheilk. 1906, Bd. 44, N. F., Bd. I. — zur Neddens Bazillus d. infekt. Randgeschwürs in Axenfeld, Die Bakteriologie in der Augenheilkunde, Jena 1907.

Es ist daher wahrscheinlich das Bakterium von zur Nedden auch der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie zuzurechnen. Denn es sind schon öfters Vertreter dieser weitverbreiteten Gruppe als Saprophyten im Nasenraum nachgewiesen worden, so von Renon[1]), R. O. Neumann[2]), der sie in 2% der untersuchten kranken Nasen fand, von Haßlauer[3]), der in 3,3% kranker Nasen den Befund des Bact. septicaemiae haemorrhagicae erwähnt, sowie in neuester Zeit von Küster und Wösner[4]). Es ist daher eine Einwanderung dieser Keime von der kranken Nase aus in den Bindehautsack oder ebenso umgekehrt leicht möglich.

Um endlich Klarheit in die bakterielle Aetiologie der einfachen und infektiösen Augenerkrankungen der Tiere zu bringen, wären systematische Untersuchungen der Bindehaut, ähnlich den beim Menschen vorgenommenen, über deren Bakteriengehalt und -arten sehr notwendig. Es liegen bisher nur Mitteilungen von Karsten[5]) über die Mikroorganismen der Konjunktiva des Pferdes und Rindes vor. Weitere Beobachtungen in dieser Richtung würden mehr Licht auf den Ursprung seuchenartiger Erkrankungen unter den Tieren, besonders unter unseren Haustieren. werfen.

Zusammenfassung.

Bei einer Keratitis und Konjunktivitis eines Meerschweinchens fand sich ein Organismus in Reinkultur, der sich nach seinen morphologischen und biologischen Eigenschaften als ein Bact. septicaemiae haemorrhagicae erwies. Infektionsversuche fielen jedoch völlig negativ aus.

---

1) Nach Angabe von Haßlauer, Die Mikroorganismen der gesunden und kranken Nasenhöhle und Nasennebenhöhlen. Übersichtsreferat in Z. f. Bakt., Ref., 1906, Bd. 37.

2) Bakteriologische Untersuchungen gesunder und kranker Nasen. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf. 1902, Bd. 40.

3) Die Bakterienflora der gesunden und kranken Nasenschleimhaut. Z. f. Bakt. 1903, Or. 33.

4) Untersuch. über d. Bakterienflora d. Nase. Z. f. Bakt. 1912, Bd. 67. Or. I.

5) Über das Vorkommen von Mikroorganismen im Konjunktivalsack des Pferdes und Rindes. Vet.-Diss. Gießen 1909.

IV. Koliseptikämie bei Hühnern.

Den in letzter Zeit von Schlegel[1]) und Claußen[2]) und den bereits früher mitgeteilten Beobachtungen von Martel[3]), Sanfelice[4]) und Lignières[5]) über Koliseptikämien bei Geflügel, besonders bei Hühnern, können wir zwei gleiche Fälle zur Seite stellen.

Aus unserem vollständig gesunden Hühnerbestand zeigten plötzlich zwei Hühner Freßunlust und Mattigkeit und waren am Tage darauf eingegangen. Die Sektion ergab außer auffallender Weichheit der Milz und der Leber und einiger geringer subkutaner Hämorrhagien keine Veränderungen. Die aus den Organen und dem Blut nach Löffler und Giemsa gefärbten Präparate ließen eine Menge ovoide und längliche Stäbchen mit Polfärbung erkennen.

Die Isolierung ergab eine Reinkultur eines Stäbchens, das in allen Anforderungen seiner Morphologie und Biologie vollständig dem Bact. coli commune entsprach.

Für Kanarienvögel war der Organismus stark pathogen, wie dies auch Claußen bei seinem Stamm feststellen konnte, Impfungen in den Brustmuskel mit der infizierten Nadel riefen bei diesen Tieren eine an Hühnercholera erinnernde Krankheitserscheinung hervor. Die Tiere starben aus voller Munterkeit plötzlich unter starken Krämpfen nach einem Tag. Der bakteriologische und anatomische Befund war derselbe wie bei den spontan eingegangenen Hühnern.

Dagegen konnten Meerschweinchen weder subkutan noch intraperitoneal mit großen Dosen (2 ccm) Bouillonkultur (24stünd.) infiziert werden.

1) Bericht über die Tätigkeit des Tierhyg. Instituts der Universität Freiburg i. Br. 1910. In der Zeitschr. f. Tiermed., neue Folge 1911, Bd. 15.

2) Über Kolibakterienseptikämie bei Hühnern als Transportkrankheit. Zeitschr. f. Infekt.-Krankh. d. Haust. 1907, Bd. 3.

3) Maladies à Colibacille de la poule et de la dinde. Compt. rend. de la soc. de biologie 1897.

4) Über einige Infektionskrankheiten der Haustiere in Sardinien V. Eine Seuche bei Tauben durch Bact. coli verursacht. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf. 1895, Bd. 20.

5) Nach Angabe von Claußen.

Zusammenfassung.

Aus den Organen und dem Herzblut zweier Hühner, die plötzlich unter den Erscheinungen der Hühnercholera eingingen, wuchs ein Bact. coli commune, das für Kanarienvögel äußerst virulent war.

Anhang.

V. Beobachtungen über Hämolyse der vier isolierten Stämme.

Die Bakterien der hämorrhagischen Septikämie bilden meistens keine Hämolyse auf Blutnährböden. Nach den Angaben von Hutyra[1]) soll überhaupt keine Veränderung des bluthaltigen Nährbodens bei den Vertretern der hämorrhagischen Septikämie eintreten.

Demgegenüber stehen die Beobachtungen von Calamida[2]), der aus Bouillonkulturen der Hühnercholerabakterien ein Hämolysin gewann, das am erheblichsten für die roten Blutkörperchen des Kaninchens, dann für diejenigen des Meerschweinchens und schließlich die des Huhnes wirksam war.

Neuerdings hat Schuster[3]) 84 Bakterienstämme auf ihre hämolytische Fähigkeit auf verschiedenen Blutarten geprüft und auf Grund vieler vergleichender Untersuchungen eine Einteilung in drei große Gruppen vornehmen können, in solche

1. mit wechselndem hämolytischem Verhalten hierher gehören die Mikrokokken, Streptokokken, Sarzinen und Diphtheriebakterien);
2. mit in der Regel positivem hämolytischem Verhalten (sie umfaßt die Sporenträger, Vibrionen und das Bacterium pyocyaneum);
3. mit in der Regel negativem hämolytischem Verhalten (hier sind vereinigt die Typhus-Koligruppe, die Bakterien der hämorrhagischen Septikämie, die Farbstoffbildner und die Pseudodiphtheriebakterien).

---

1) Im Kapitel „Septicaemia haemorrhagica". Kolle-Wassermann, 2. Aufl. 1912, Bd. 6.

2) Das Hämolysin des Bazillus der Hühnercholera. Z. f. Bakt. 1904, Or. 35.

3) Über hämolysierende und nichthämolysierende Bakterien. Diss. Gießen 1911.

Schuster faßt seine Ergebnisse dahin zusammen, daß die hämolytische Fähigkeit der Bakterien ein ziemlich schwankender Begriff ist, sowie daß ein bestimmtes Verhältnis zwischen Pathogenität und Hämolyse nicht besteht.

Um genaue vergleichende Resultate zu erhalten, benutzte ich, wie Schuster, einen Zusatz von 5% Blut zu dem Nährboden. Es wurde gleich nach der Entnahme aus dem Körper dem Agar zugesetzt. Vom Meerschweinchen, Menschen und Kaninchen kam Blut zur Verwendung. Verdünnungskulturen der zu untersuchenden Bakterien erweisen sich bei der Prüfung auf Hämolyse nicht so praktisch als das Impfen in parallelen Strichen auf die Plattenoberfläche. Die Platten standen 6 Tage bei 37° unter Beobachtung.

Den Grad der Hämolyse bezeichnete ich nach dem Vorgange Schusters[1]). Jeder Stamm kam nach der abgelaufenen Beobachtungszeit von neuem auf gewöhnlichen Agar und darauf nach 24 Stunden wieder auf einen frischen Blutnährboden. Diese Überimpfung fand mehrmals, drei- bis viermal, statt. In der folgenden kleinen Tabelle ist das Ergebnis zusammengestellt:

	1. Versuch.				Kontrolle.			
Blutart	Kanarienvogel	Abszeß	Auge	Huhn	Kanarienvogel	Abszeß	Auge	Huhn
Meerschweinchenblut	+ 3. Tag	+ 2. Tag	++ 2. Tag	+++ 1. Tag	+ 4. Tag	+ 2. Tag	+ 4. Tag	+++ 1. Tag
Menschenblut	—	+ 3. Tag schwach	—	++ 1. Tag	—	+ 3. Tag schwach	—	++ 1. Tag
Kaninchenblut	+ 3. Tag Spuren	++ 3. Tag	+ 3. Tag	+++ 1. Tag	—	+ 3. Tag	+ 3. Tag	+++ 1. Tag

1) Ein Kreuz bedeutet, wenn nur eine Aufhellung der unter dem Impfstrich gelegenen Nährbodenzone eintrat, oder wenn eine ev. Hofbildung die Breite des Impfstriches nicht erreichte. Zwei Kreuze, wenn bei der ersten Nachschau eine Hämolyse mit Hofbildung eingetreten war, deren Breite der des Impfstriches gleichkam, und die sich in der Folge in die weitere Umgebung des Impfstriches erstreckte. Drei Kreuze, wenn nach 6 Stunden die hämolytische Zone den Impfstrich um dessen Breite überschritten hatte und ein rapides Umsichgreifen über den übrigen Teil der Platte aufwies. Ein negativer Ausfall wurde mit — bezeichnet.

Aus der Tabelle läßt sich nun folgendes entnehmen:

Der Stamm „Kanarienvogel" zeigt beim ersten Versuch nur auf Tierblut Hämolyse, und zwar tritt diese erst am dritten Tage ein. Nach mehrmaliger Umimpfung bewirkte er auf Meerschweinchenblut erst am vierten Tage eine Blutauflösung. Dagegen fand sie auf Kaninchenblut nicht mehr statt, auf Menschenblut war sowohl der Versuch als auch die Kontrollbeobachtung negativ.

Von den Untersuchern der Kanarienseuchen, die auf Hämolyse ihrer Bakterien geachtet haben, berichteten v. Wasielewski und Hoffmann (l. c.) und Zwick (l. c.) über das Fehlen dieser Erscheinung.

Ähnlich verhält sich der Stamm „Abszeß". Er weist allerdings für Kaninchenblut eine Hämolyse mit Hofbildung auf, doch verschwindet diese Erscheinung bei den folgenden Übertragungen, so daß auch hier eine deutliche Abschwächung zu konstatieren ist. Das gleiche war bei dem Stamm „Auge" zu beobachten. Jedoch völlig verschieden von den drei Stämmen der hämorrhagischen Septikämie erwies sich das Bact. coli aus dem Huhn. Regelmäßig fand starke Hämolyse aller drei Blutarten statt.

Diese Erfahrungen decken sich mit den von Schuster mitgeteilten, der ebenfalls auf das schwankende Verhalten des Bacterium septicaemica haemorrhagicae hinwies. Auch er hatte frisch aus dem Tier gezüchtete Stämme zur Untersuchung herangezogen.

Eine vollständig abweichende Stellung in seiner Hämolysierungsfähigkeit nimmt das hühnerpathogene Bact. coli ein, das schnell und stark Hämolyse hervorrief, eine Erscheinung, die entgegen den Angaben Schusters steht, der bei sechs pathogenen Kolistämmen nicht die geringste Spur einer Hämolyse fand, sein siebenter Stamm außer auf zwei Blutarten geringe Hämolyse aufwies.

Zusammenfassung.

Aus den mitgeteilten Ergebnissen folgt, daß die Hämolyse bei den Bakterien der hämorrhagischen Septikämie ein nicht konstanter Vorgang ist und das Fehlen dieser Erscheinung als differentialdiagnostisches Merkmal (nach Hutyra) nicht angesehen werden darf.

Schlußsätze.

1. Die Erreger aller bisher bekannten Kanarienvogelseuchen lassen sich in drei Gruppen teilen. Zu den beiden ersten Gruppen gehören die Bakterien der hämorrhagischen Septikämie und des Paratyphus B und dessen Verwandte. Die Vertreter der dritten Gruppe sind bisher nur einmal beschrieben worden, ihre endgültige Stellung im Bakteriensystem steht noch nicht fest. Sie sind daher, solange weitere Beobachtungen fehlen, als die von Rieck und Freese untersuchten kanarienpathogenen Mikroorganismen zu bezeichnen.

2. Beim Vergleich eines aus einem tuberkuloseähnlichen Abszeß des Kaninchens isolierten Mikroorganismus mit den aus der Literatur mitgeteilten Mikroorganismen aus pathologischen Prozessen, die als „Pseudotuberkulose" bezeichnet wurden, zeigt sich, daß verschiedenen Bakterien die Fähigkeit zukommt, die genannte pathologische Veränderung hervorzurufen.

Als Erreger der Pseudotuberkulose der kleinen Nager kommen in erster Linie in Betracht die Bakterien aus der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie und der Typhus-Koligruppe (Paratyphus B) und in zweiter Linie säurefeste Stäbchen aus der Gruppe der Mykobakterien.

Die Stellung im Bakteriensystem der unter dem Namen „atypische Pseudotuberkulosebazillen" zusammengefaßten Organismen (grampositiv, gelatineverflüssigend) ist bisher noch nicht gesichert.

Von der Einheitlichkeit eines „Pseudotuberkulosebazillus" kann daher nicht die Rede sein.

3. Über die Erreger der rein infektiösen Keratitis und Konjunktivitis der Haustiere ist zurzeit nichts Sicheres bekannt.

Die mit einem Stäbchen aus der Gruppe der hämorrhagischen Septikämie, das bei einer eitrigen Keratitis und Konjunktivitis des Meerschweinchens isoliert wurde, angestellten Infektionsversuche fielen völlig negativ aus.

4. Der bei einer Koliseptikämie der Hühner erhobene Befund ist ein weiterer Beleg für die Erscheinung, daß auch das Bacterium coli commune hühnercholeraähnliche Krankheitszustände auslösen kann. Es hat diese Fähigkeit mit allen Vertretern der Koli-Typhusgruppe und derjenigen der hämorrhagischen Septikämie gemeinsam, eine Tatsache, für welche besonders die unter den Kanarienvögeln auftretenden Seuchen sprechen.

5. Die Untersuchungen auf Hämolysebildung dreier Stämme des Bacterium septicaemiae haemorrhagicae und eines tierpathogenen Bacterium coli commune haben die Beobachtungen Schusters bestätigt, daß die Hämolyse bei den genannten Bakteriengruppen keine sichere Erscheinung ist und nicht in Zusammenhang mit der Virulenz der Mikroorganismen steht.

Versuche über das seitliche Vordringen von Verunreinigungen im Boden.

Von
Prof. Dr. **Oskar Bail** und Dr. **Fritz Breinl.**

(Aus dem Hygienischen Institut der deutschen Universität Prag.)

(Bei der Redaktion eingegangen am 17. November 1913.)

Die Frage des seitlichen Eindringens von Verunreinigungen in den Boden gehört zu denjenigen, mit denen die praktische Hygiene mit am häufigsten zu tun hat. Es sei hier nur an den Einfluß erinnert, den die aus einer undichten Senkgrube oder einem schadhaften Kanal aussickernden Unratstoffe auf den Boden der Umgebung und durch ihn auf Brunnen u. dgl. ausüben. Dabei hat man aber im ganzen nur recht selten Gelegenheit, die herrschenden Verhältnisse an Ort und Stelle zu prüfen, ist kaum je in der Lage, den Boden in der unmittelbaren und weiteren Umgebung der undichten Senkgrube planmäßig zu untersuchen, und wenn dies der Fall sein sollte, so sind die Verhältnisse meist dadurch schwer zu übersehen, daß man nicht weiß, wann die betreffende Grube undicht geworden ist, seit wann also eine Bodeninfiltration durch Schmutzstoffe eingesetzt hat. Gelegentlich eines Falles, wo eine Brunnenverunreinigung nur durch eine seit ganz kurzer Zeit in Betrieb genommene Senkgrube zu erklären, und wo eine Untersuchung des noch lockeren Bodens in der Nähe derselben, die in ihrem oberen Drittel undicht befunden wurde, möglich war, konnten Zeichen irgend deutlicher Verunreinigung des Bodens schon in geringer Entfernung von der Grubenwand

nicht wahrgenommen werden, und doch war das in einer Tiefe von ca. 3 m unter dem Grubenboden befindliche Grundwasser fast sicher durch den Grubeninhalt und nur durch diesen verunreinigt.

Es sollte nun zunächst durch Laboratoriumsversuche genauer untersucht werden, wie das Vordringen von Verunreinigungen, welche von der Seite her, und zwar durch relativ oder absolut kleine Lücken einer undichten Grube, eines Kanals o. dgl. in den Boden gelangen, erfolgt. Ein Überblick über die Literatur zeigt, daß das Fortschreiten einer infiltrierenden Flüssigkeit zwar genau beim senkrechten Auftreffen auf den Boden studiert ist, daß aber die Seitwärtsbewegung einer solchen noch der Aufklärung bedarf.

Die Autoren, die sich mit dem Studium des Fortschreitens von Verunreinigungen bei seitlichem Eintritt in den Boden befaßt haben, gingen so vor, daß sie den Versuchsboden in Röhren einfüllten, an deren einem Ende unter variierbarem Drucke die Flüssigkeit eintrat, während am anderen Ende der Zeitpunkt des Austretens und die qualitative Beschaffenheit der durch die Erde gegangenen Flüssigkeit festgestellt werden konnte. Dabei ergab sich eine von allen Untersuchern, insbesondere aber von Praußnitz[1]) hervorgehobene technische Schwierigkeit, die darin bestand, daß eine dichte Lagerung der Bodenteilchen in solchen Röhren nur sehr schwer zu erreichen ist. Namentlich an der inneren Röhrenwand lagern sich die Bodenteilchen nicht fest und dicht an, so daß in ganz unkontrollierbarer Weise freie Straßen entstehen, auf denen die Flüssigkeit durch kürzere oder längere Strecken hin fließt, ohne der Filtrationswirkung durch die Erdteilchen zu unterliegen. Lehmann verwendete Röhren aus Blech und suchte sich durch genaue Untersuchung zersägter Stücke derselben zu überzeugen, ob eine richtige Füllung derselben mit dem Versuchsboden erreicht sei. Fossa-Mancini füllte den Boden in sorgfältig gearbeitete Holztröge ein, und Praußnitz verwendete Feuerwehrschläuche, in denen er die Versuchserde feststampfte, um eine dichte Anlagerung der Bodenteilchen an die Gefäßwand zu erzielen.

1) Zeitschrift f. Hygiene Bd. 59, S. 161. Die übrigen Autoren nach Praußnitz zitiert.

Es ist aber bei genauerer Überlegung bald klar, daß derartige Versuche, auch wenn die gedachte Schwierigkeit in der vollkommensten Weise überwunden wäre, nur wenig Anhaltspunkte für die Beurteilung des seitlichen Vordringens von verunreinigten Flüssigkeiten im Boden geben können. Denn durch die Röhre wird dieser ein ganz bestimmter Weg vorgeschrieben, auf welchem die vis a tergo, die treibende Kraft, und fast nur diese wirkt; innerhalb der vorgeschriebenen Bahnen muß die Flüssigkeit den Boden vollständig erfüllen. So werden in der Wirklichkeit die Verhältnisse nur ganz ausnahmsweise liegen, selbst in den Grundwasserschichten.

Es sei der Einfachheit halber der Fall in Betracht gezogen, daß eine Senkgrube in einem noch ganz reinen Boden an einer einzigen Stelle in geringer Ausdehnung undicht wird. Jetzt tritt die Schmutzflüssigkeit in den Boden ein, und die treibende Kraft ist durch die Höhe des Senkgrubeninhaltes über der Lücke, ev. noch durch den über der Flüssigkeitsoberfläche lagernden Gasdruck, die saugend wirkende Kapillarattraktion bei trockenem Boden und vielleicht noch gelegentlich durch besondere Nebenumstände bestimmt. Die austretende Flüssigkeit trifft aber auf ein allseits vorhandenes, im ganzen gleichmäßig zusammengesetztes Erdreich, in dem sie sich überall, je nach den dafür verfügbaren Kräften verbreiten kann, sie findet niemals oder nur unter ganz besonderen, ausnahmsweise vorkommenden Umständen ein von undurchlässigen Wänden begrenztes Gebiet vor, in welchem sie sich wie in der Versuchsröhre des Laboratoriums ausbreiten m u ß , wo also die vis a tergo fast ohne Einschränkung auf ihre Vorwärtsbewegung wirken kann. Naturgemäß sucht sich die Flüssigkeit zunächst in der Richtung des auf sie ausgeübten Druckes weiterzubewegen, gegen den Widerstand, den ihr die Bodenteilchen in den Weg legen. Sehr bald muß aber auf den in den Boden eindringenden Flüssigkeitsfaden die Schwerkraft wirken, die ihn nach unten zu ziehen sucht, überdies kommt die Kapillarwirkung der Bodenporen zur Geltung. Wie sich unter solchen Umständen der Weg der Verunreinigung gestaltet, wird bei gleichbleibender vis a tergo im wesentlichen von der physikalischen Beschaffenheit

des Bodens abhängen. Wie immer diese aber auch sei, schließlich muß die Flüssigkeit an einen Punkt gelangen, wo die rückwärtige Kraft, die sie zunächst vortreibt, unmerklich wird, und wo sie lediglich nur noch unter dem Einfluß der Schwere und der Kapillarität steht. So läßt sich schon theoretisch ableiten, daß die Fortbewegung seitlich eindringender Verunreinigungen niemals der geradlinigen in geschlossenen Röhren entsprechen kann, so wertvolle Ergebnisse das Studium bei dieser Versuchsanordnung auch für gewisse Verhältnisse, wie z. B. für die Zurückhaltung von Bakterien, die Absorption gelöster Stoffe u. dgl. haben kann.

Die Versuchsanordnung für Studien, welche die natürlichen Verhältnisse so gut wie möglich nachahmen sollten, war damit von selbst gegeben. Es mußte die aus einer engen Öffnung in den Boden eintretende verunreinigte Flüssigkeit sich ausbreiten können, ohne daß ihr durch hemmende Wände ein bestimmter Weg vorgeschrieben werden konnte. Natürlich läßt sich dies im Laboratoriumsversuch nur teilweise realisieren. Aber jedenfalls mußte die Verwendung der sonst üblichen, verhältnismäßig engen Röhren ganz aufgegeben werden.

Das zuerst verwendete Versuchsgefäß war ein großer Zylinder von verzinktem Eisenblech von 40 cm Länge und 31 cm Durchmesser. Das eine Ende desselben bestand aus einer angelöteten Blechplatte, welche in der Mitte einen mit Kautschukstöpsel verschließbaren Tubus trug, auf das andere Ende konnte mittels Bajonettverschlusses ein übergreifender Deckel dicht aufgesetzt werden. An einer Linie der Wand waren in der Entfernung von 10 und 20 cm vom Vorderende zwei mit durchbohrten Kautschukstöpseln und Glasrohren versehene Tubusse angelötet, welche während des Versuches nach unten zu liegen kamen und zum Ablaufe des Wassers dienen sollten. Der Einlauf erfolgte durch den an der Vorderwand befindlichen Tubus mit Hilfe eines bis auf eine kapillare Öffnung zugeschmolzenen Glasrohres aus einer mit unterer Öffnung versehenen Flasche, in der mittels Gay-Lussacschen Zulaufes das Flüssigkeitsniveau konstant gehalten wurde. Die Vorlageflasche, aus der das Wasser einfloß, hatte einen Durchmesser von 12,5 cm; die Höhe des Flüssigkeitsniveaus in

derselben, von der also der Druck abhing, ist in jedem Versuche angegeben.

Der Apparat wurde mit mäßig lehmigem Sande (unter 1,5 mm Korngröße, mit etwa 30% Feinerde), der vorher hoch erhitzt war, gefüllt und durch 8 Stunden bei etwa 140° sterilisiert, was die Lötungen aushielten. Der Einlauf von physiologischer Kochsalzlösung, die mit Prodigiosusaufschwemmung versetzt war, erfolgte anfangs bei einer Flüssigkeitshöhe von 5 mm, die aber nach $1^1/_4$ Stunden auf 20 mm stieg und dann konstant erhalten wurde. Er erfolgte sehr langsam, und nach 8 Stunden waren im ganzen 4600 ccm Wasser eingelaufen. Aus den Tubussen unten war kein Wasser ausgelaufen, was aber lediglich einem Versuchsfehler zuzuschreiben war, der zu einer Verlegung des in den Boden eingesenkten Ablaufrohres durch Tonteilchen geführt hatte; sobald dieses Hindernis gegen das Ende des Versuches beseitigt wurde, tropfte sofort erst trübes, bald aber ganz klares Wasser ab. Es waren also in dem Versuche ganz natürliche Verhältnisse, zu denen ein ungehinderter Abfluß gehört hätte, nicht vorhanden gewesen. Beim Herausnehmen der Erde durch den hinteren Deckel zeigte sich, daß diese in den unteren Teilen ganz mit Wasser gefüllt, darüber feucht, ganz oben trocken geblieben war. Die Grenze des Trockenen verlief halbkreisförmig, reichte in der Nähe des Einlaufes hoch hinauf, um weiter nach hinten immer mehr abzusinken. Im Durchschnitt würde die Verunreinigung bzw. Durchnässung also durch eine Kurve bezeichnet sein, deren Scheitel etwas oberhalb des Einlaufes liegt und die sich gleichmäßig nach hinten und unten absenkt. Für den angestellten, wegen Behinderung des Ablaufes des bis auf den Boden des Apparates gedrungenen Wassers nicht einwandfreien Versuch würde noch eine zweite Kurve der vollständigen Wasserfüllung aller Poren zu zeichnen sein, welche Zone nahe beim Einlauf etwa 14, in 10 cm Entfernung davon 7 bis 8, am Ende des Apparates höchstens 4 cm hoch war.

Die nachstehende Tabelle gibt das Resultat von Untersuchungen des Wassergehaltes in Gewichtsprozenten des trockenen Bodens sowie die gefundenen Bakterienzahlen in einem durch die Mitte des Apparates gelegten Längsschnitt wieder.

	Einlauf	10 cm	20 cm	30 cm
Ganz oben . .	—	0,8% (0)	1,42% (0)	1,07% (0)
Mitte (Einlauf)	12,6% (3000000)	—	16,85% (42800)	—
Ganz unten . .	17,7% (660000)	19,79% (145000)	18,76% (150000)	18,5%

Die Bakterienzahl wurde in der Weise bestimmt, daß ein 1 g Boden fassender Platinlöffel, mit Erde gefüllt, in 20 ccm sterile Kochsalzlösung eingetragen wurde. Mit 0,05 ccm der durch intensives Schütteln hergestellten Aufschwemmung wurde dann eine Agarplatte gegossen. Das eingelaufene Wasser enthielt in 1 ccm ca. 4 Mill. Prodigiosus.

Bei dem folgenden Versuche, der im übrigen in ganz gleicher Weise, mit demselben Apparate wie der vorige angestellt wurde, bei einer Einlaufshöhe von 30 bis 32 cm, wurde sorgfältig darauf geachtet, daß Verlegungen der

Einlaufsöffnung wie der Ablauföffnungen sofort beseitigt wurden, was leicht gelang und ein sehr viel rascheres Einlaufen der Flüssigkeit zur Folge hatte.

Schon ½ Stunde nach Beginn waren 1300 ccm Wasser eingeflossen und durch Lüften des den Tubus I in 10 cm vom Einlauf verschließenden Stöpsels ließ sich erkennen, daß die Flüssigkeit, ohne aber noch abzutropfen, bereits bis hierher gedrungen war, während Tubus II in 20 cm Entfernung noch ganz trockene Erde aufwies; erst ½ Stunde später erwies sich auch hier die Erde als feucht und zusammenhängend. Fast genau 3 Stunden nach Beginn begann aus Tubus I sehr trübe, bald aber sich klärende Flüssigkeit in immer rascherem Strome abzufließen. Die Erde um den Tubus II wurde zwar sehr feucht, ließ aber bis zum Abbruche des Versuches nach 7½ Stunden kein Wasser abtropfen. Das Abtropfen aus Tubus I hielt auch nach Sistierung des Einlaufes an. Im ganzen waren während der Versuchsdauer 11 200 ccm Flüssigkeit eingelaufen, 5740 waren abgetropft.

Bei der Herausnahme des Bodens wurden in den Entfernungen von 30, 20, 10 cm vom Einlaufe die Querschnitte ausgemessen. In 30 cm Entfernung erschien der oberste Teil des Bodens in Form eines Halbmondes, der in der Mitte den größten Durchmesser von 8½ cm hatte und nach beiden Seiten spitz zulief, trocken, darunter war der Boden zusammenhängend feucht, ganz unten bis ca. 8 cm Höhe schlammig naß. In 20 cm Entfernung betrug der Durchmesser des trockenen Halbmondes oben 7, in 10 cm 3½ cm, die Höhe des schlammig nassen Bodens betrug 9 und ca. 15 cm.

Die Untersuchung von Wasser- und Bakteriengehalt in einem durch die Mitte des Apparates gelegten Längsschnitte ergab:

	10 cm	20 cm	30 cm
Oben (trocken erscheinend)	7,27% (0)	5,53% (0)	4,66% (0)
Mitte (Einlauf)	14,45% (81 000)	16,32% (4200)	14,2% (3680)
Unten (schlammig)	19,26% (14 000)	18,88% (12 900)	18,87% (11 000)

In der Entfernung von 10 und 20 cm waren überdies Proben in der Mitte, rechts und links am Rande des Apparates entnommen worden, wodurch sich die folgenden Querschnitte ergeben:

10 cm vom Einlauf		
	7,27 % (0)	
14,1 % (2680)	14,45% (81 000)	16,2% (9300)
	19,26 % (14 000)	

20 cm vom Einlauf		
	5,53 %	
14,27% (2460)	16,32 % (4200)	13,95 % (1956)
	18,88 % (12 900)	

In 1 ccm der Einlaufflüssigkeit waren ca. 2 Mill. Prodigiosus enthalten; Proben des abgetropften Wassers ergaben, zu verschiedenen Zeiten entnommen, im Maximum 40 000, im Minimum 16 000 Keime.

Schon aus den Versuchen mit diesem kleinen und unvollkommenen Apparate läßt sich erkennen, daß das Fortschreiten der Verunreinigung im Schnitte in einer Kurve erfolgt, welche sich von der Einlaufstelle her geradlinig fortsetzt und gleichzeitig nach

unten senkt, ganz entsprechend der treibenden Kraft einerseits, der Schwere anderseits. Über die seitliche Ausbreitung der Verunreinigung läßt sich noch nichts Sicheres aussagen, da die zu geringe Ausdehnung des Apparates dem Wasser noch bestimmte Wege vorschreibt.

Was die Verbreitung der Bakterien anbelangt, so ist festzustellen, daß schon den geringen hier verwendeten Bodenschichten eine stark filtrierende Kraft zukommt, da der Keimgehalt des abgeflossenen Wassers gegenüber dem Einlaufswasser sehr beträchtlich vermindert ist. Für die aus der Bodenuntersuchung sich ergebenden Relativzahlen scheint hervorzugehen, daß die Bakterien der treibenden Kraft entsprechend vorwärtsgetrieben werden, daß sie sich aber dann sowohl nach den Seiten als nach unten hin stark vermindern.

Am Boden des Apparates hat sich in beiden Versuchen infolge des mehr minder mangelhaften Abflusses eine Art Grundwasser ausgebildet, mit wesentlich vermindertem, aber immerhin hoch bleibendem Bakteriengehalt. Für die weiteren Versuche wurde zunächst noch ein kleinerer rechteckiger Apparat benutzt, der aus verzinktem Eisenblech hergestellt, und dessen eine Seitenwand durch eine Glasscheibe ersetzt war. Er war 50 cm lang, 40 cm hoch und 20 cm breit. An der Unterseite waren in je 12 cm Entfernung 3, an der einen (vorderen) Querwand in 10 cm Distanz ebenfalls 3 Tubusse eingelötet, in die Kautschukstöpsel eingesetzt werden konnten. Ein übergreifender Blechdeckel gestattete einen Verschluß der oberen Öffnung. Da eine Sterilisierung des mit Boden gefüllten Apparates nicht durchzuführen war, wurden seine Wände vor Beginn des Versuches abgeflammt und der in großen Flaschen durch 6 bis 8 Stunden trocken sterilisierte Boden eingefüllt. Eine vollkommene Sterilität wurde dadurch nicht erreicht.

In den mit lehmigem Sand gefüllten Apparat wird mit Prodigiosus versetzte Kochsalzlösung bei einer Höhe des Wasserstandes von 9 mm in der Vorlagflasche eingeleitet; das Glasrohr, durch welches die Fküssigkeit einläuft, ist etwa 2 mm in den Boden vorgeschoben und bis auf eine kleine Öffnung zugeschmolzen; Beginn 8 Uhr früh.

Bereits nach 14 Min. zeigt sich an der Glaswand ein nasser, länglicher, von der Einlaufswand durch 2 cm trockenen Boden getrennter nasser Fleck.

8 Uhr 30 Min., s. Fig. 1.

9 Uhr, s. Fig. 1. Die Erde am untern Tubus I (in 12 cm Entfernung von der Einlaufwand) ist feucht.

9 Uhr 25 Min.: Langsames Abtropfen aus Tubus I, Tubus II, der nach der Verbreitung der Nässe an der Glaswand um 9 Uhr 30 Min. (s. Fig. 1) schon erreicht sein sollte, ist um diese Zeit noch ganz trocken und wird erst ca. ¼ Stunde später feucht.

10 Uhr 15 Min.: Es beginnt sich am Boden eine niedrige Zunge von Feuchtigkeit vorzuschieben, die um 10 Uhr 30 Min. (s. Fig. 1) voll ausgebildet ist. Tubus III ist ebenso wie Tubus II feucht, ohne daß Wasser abtropfen

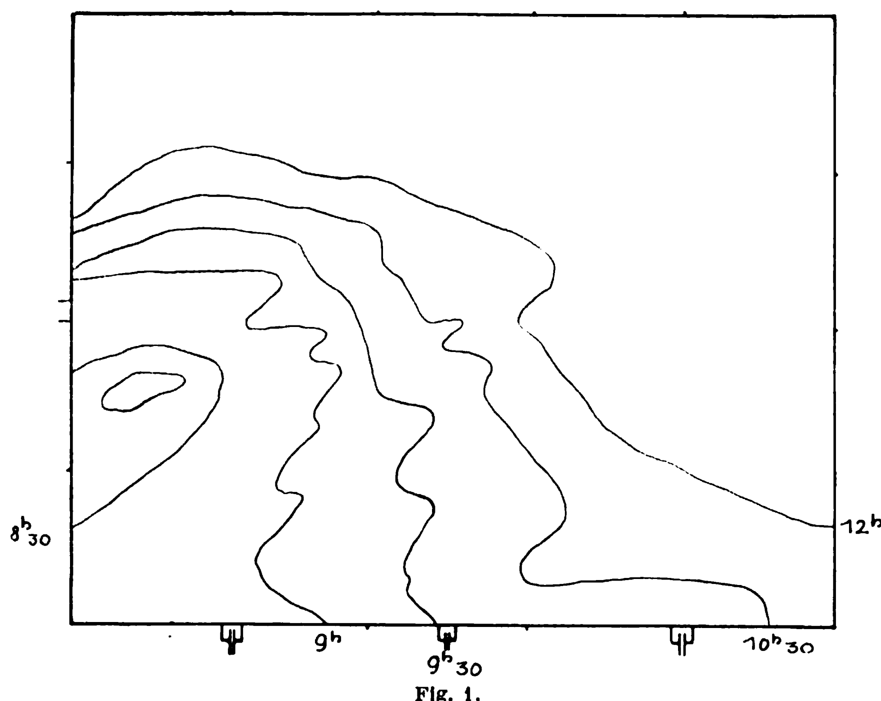


Fig. 1.

würde. Aus Tubus I erfolgt rasches Abtropfen. Um diese Zeit steigt das Flüssigkeitsniveau in der Einlaufflasche auf ca. 15 mm Höhe, was sich fast sofort durch ein beschleunigteres Abtropfen kennzeichnet; reguliert.

10 Uhr 50 Min.: Langsames Abtropfen aus Tubus II. Am Boden des Apparates ist die Nässe in einer niedrigen, höchstens 2 bis 1 cm hohen Schicht bis an die Schlußwand vorgedrungen; im übrigen hat sich die Gestalt der Kurve außer einer gleichmäßigen Verbreiterung nicht geändert.

11 Uhr 30 Min.: Es beginnt langsames Abtropfen aus Tubus III.

12 Uhr, s. Fig. 2: Der Versuch wird durch Abstellen des Einlaufes abgebrochen, das Abtropfen aus den Tuben wird bald langsamer, hört aber erst nach 3 Stunden auf, und bei den folgenden Manipulationen zur Entnahme des Bodens tropfte noch eine ansehnliche Menge Wassers ab. Im ganzen waren eingelaufen 8900, wieder aufgefangen 3200 ccm.

Beim Herausnehmen des Bodens zeigte sich, daß die Feuchtigkeitsgrenze ungefähr der an der seitlichen Glaswand gezeichneten Kurve entsprach; nur war in der Mitte die Feuchtigkeit weiter vorgedrungen als an den Seitenwänden, so daß die naßgewordene Fläche von der Mitte gegen die Seiten gekrümmt verlief.

Die genauere Untersuchung der Bodenproben auf Feuchtigkeit und Bakteriengehalt ergab in der Mitte des Bodens:

Einlauf	12 cm	30 cm	Hinterwand	
—	1,21% (0)	1,41% (0)	—	Ganz oben, trocken erschein.
8,23% (0)	8,7% (0)	—	—	Grenze der sichtbaren Nässe
17,33% (28000)	15,6% (12)	15,3% (0)	—	Mitte, d. Einlauftubus entspr.
16,6% (9000)	19,87% (240)	19,31% (92)	19,3% (3)	Am Boden des Apparates.

Ein anderer Versuch mit dem gleichen Apparate und der gleichen Bodenart wurde insofern modifiziert, als der Einlauf am obersten seitlichen Tubus erfolgte, so daß die zu durchsinkende Erdschicht um 10 cm höher war, und überdies ein größerer Druck angewendet wurde.

Niveauhöhe in der Vorlagflasche 50 mm, Beginn um 7 Uhr 25 Min.

7 Uhr 30 Min.: Es ist ein kleiner nasser Fleck, etwa 1 cm unterhalb des Einlaufes und von der Einlaufswand durch ca. ½ cm trockener Erde getrennt, entstanden.

7 Uhr 45 Min., s. Fig. 2: Die Bodenoberfläche ist in Gestalt einer breiten Zunge naß geworden, deren Spitze in der Mitte bis 10½ cm von der Einlaufwand vorgeschoben ist, welche an Breite aber die Seitenwände des Apparates nicht erreicht.

8 Uhr 5 Min., s. Fig. 2: Die Nässe an der Glaswand reicht viel weiter nach vorn als die Nässe auf der Oberfläche des Bodens.

8 Uhr 15 Min., s. Fig. 2: Die Nässe oben ist breit zungenförmig bis 17 cm vorgeschritten.

8 Uhr 45 Min., s. Fig. 2: Am Grunde des Apparates schreitet jetzt die Nässe rasch vor; etwas entfernt von der äußersten Spitze der Feuchtigkeit daselbst hat sich ein isolierter kleiner Fleck gebildet.

9 Uhr 15 Min.: Rasches Abtropfen aus Tubus I, Erde in Tubus II und III naß (s. Fig. 2).

10 Uhr 45 Min., s. Fig. 2: Die Kurve ist der Form nach unverändert geblieben und hat nur an Breite gleichmäßig zugenommen. Aus Tubus II tropft seit 10 Uhr reichlich Wasser.

Um 11 Uhr, als eben auch Abtropfen aus Tubus III beginnt, wird der Versuch bei unveränderter und nur wenig verbreiterter Kurve abgebrochen. Die Form des naßgewordenen Bodens entspricht der auf der Glaswand abgezeichneten Kurve, doch reicht die Nässe in der Mitte des Apparates einige Zentimeter weiter nach vorn als an der Wand. Eingelaufen waren im ganzen 11 130 ccm, abgelaufen waren durch Tubus I 7096, durch Tubus II 616,

durch Tubus III 15 ccm, insgesamt 7717 ccm. Die genauere Untersuchung von Bodenproben ergab:

Einlauf	15 cm	32 cm	Ende	
18,6% (2480)	12% (7)	—	0,86% (0)	Unmittelbar unter der Oberfläche
—	—	10,16% (0)	14,14% (1)	Grenze der Feuchtigkeit
19,89% (39000)	14,82% (32)	14,06% (0)	—	Mitte, dem Einlauftubus entspr.
20,9% (4880)	20,21% (112)	20,19% (67)	19,98% (68)	

Zu bemerken ist, daß die Grenze der Feuchtigkeit in 32 cm Entfernung von der Einlaufwand natürlich viel höher lag als am Ende des Apparates.

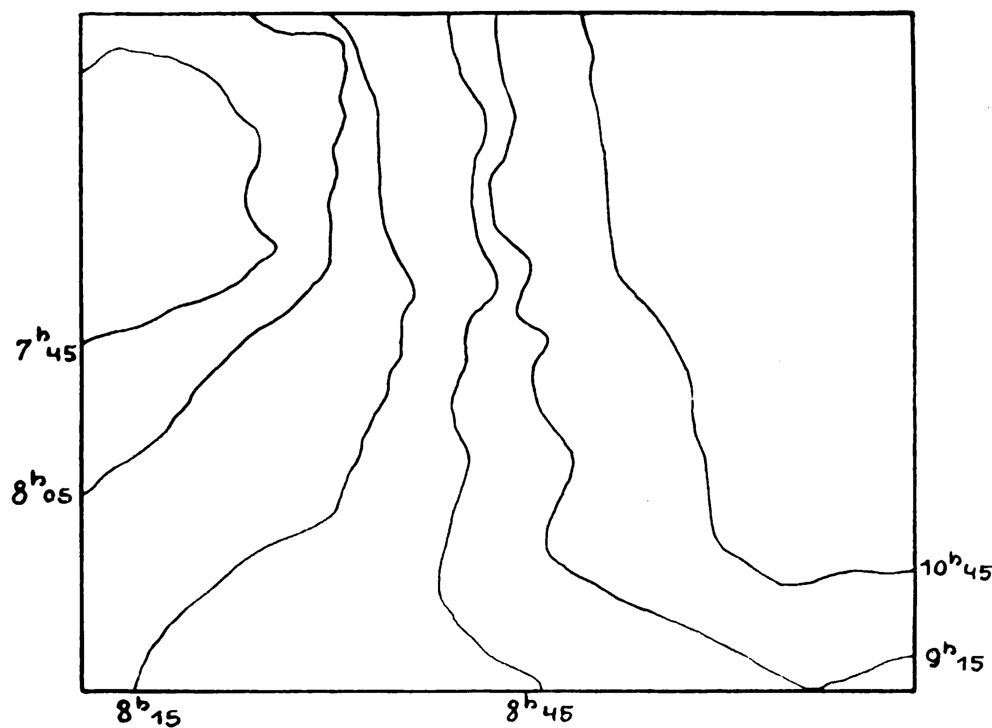


Fig. 2.

Durch den höheren Druck, unter dem die Flüssigkeit einlief, einerseits, durch den Einlauf am obersten Tubus, durch welchen ein Austreten der Flüssigkeit auf die Bodenoberfläche bedingt war, anderseits, ist der Verlauf der Verunreinigung gegen den früheren Versuch modifiziert, im ganzen läßt sich aber die gleiche Art der Verbreitung der Flüssigkeit erkennen.

Von den Untersuchungsdetails sei hier nur der bakteriologische Befund näher besprochen, da die Verteilung der Wassermengen im Boden eine ziemlich selbstverständliche ist. Die Filtrationskraft

des Bodens und die Zurückhaltung der eingeflossenen Bakterien ist eine ganz unerwartet starke gewesen, was um so mehr hervorzuheben ist, als die Lagerung der Bodenteilchen nach der Art der Einfüllung des Bodens nur eine lockere gewesen sein kann. Die Zahlen sind natürlich nur als Relativwerte zu betrachten, zeigen aber übereinstimmend, wie rasch die am Einlauf sehr hohe Bakterienzahl nach allen Richtungen hin abnimmt. Am wenigsten kommt die Filtration beim direkten senkrechten Absinken des Wassers zur Geltung, obwohl sie immer noch die Keimzahl auf etwa $^1/_3$ bis $^1/_{10}$ reduziert. Viel stärker ist die Bakterienabnahme, wenn das Wasser einen längeren horizontalen oder schiefen Weg im Boden zurückzulegen hat, wobei nur relativ wenige Keime mehr weitertransportiert werden können. Speziell die Grenze der feuchten Zone wies keine Bakterien mehr auf; da hier die Feuchtigkeit jedenfalls nur durch Kapillarität hergedrungen ist, stimmt dies mit der Erfahrung überein, daß der langsame Flüssigkeitstransport auf diese Weise einer Bakterienverbreitung sehr ungünstig ist.

Die starke Filtration des Bodens, die in wiederholten Versuchen immer in gleicher Weise zu konstatieren war, ist bei Versuchen mit in Röhren locker gefülltem Boden auch nicht annähernd so zu erreichen. Die Ursache liegt jedenfalls darin, daß bei letzteren Versuchen die Flüssigkeit in ganz bestimmte unveränderliche Wege hineingepreßt wird, innerhalb deren die ganze Druckkraft zur Wirkung kommt. Selbst wenn ein Boden anfänglich gut abfiltrieren würde, so müßte sich doch schließlich eine förmliche Anhäufung von Bakterien in seinen ersten Schichten bilden, welche endlich durch den immer gleichen Druck in einer absolut oder relativ engen Bahn weiterbewegt werden muß. Unter natürlichen Verhältnissen, wie sie in den angeführten Experimenten wenigstens teilweise herrschten, verteilt sich der Druck nach kurzer Zeit über eine große Bodenmasse, innerhalb deren Poren eine sehr verlangsamte Wasserbewegung eintritt, so daß einfache Filtration wie Oberflächenattraktion für die kleinen Bakterien voll zur Wirkung kommen kann.

So kennzeichnend auch die mit dem bisher benutzten kleinen Apparate erlangten Aufschlüsse sind, so ist doch nicht zu ver-

kennen, daß auch er noch vermöge seiner geringen Breite den Flüssigkeitsstrom innerhalb etwa 20 cm einengte und dadurch wieder unveränderliche Bahnen vorschrieb, innerhalb deren die vis a tergo voll zur Geltung kommen konnte, was an verschiedenen Versuchsdetails zu erkennen ist. Es mußte unter allen Umständen dafür gesorgt werden, daß das einlaufende Wasser sich mindestens in der ersten Zeit ohne jedes andere als das am Boden selbst gelegene Hindernis ausbreiten konnte.

Es wurde deshalb aus verzinktem, durch Eisenschienen gesteiftem Eisenblech ein viereckiger Kasten von 1 m Länge, 70 cm Höhe und 72 cm Breite hergestellt, dessen Vorderwand in der Mitte (35 cm) sowie in der Halbierung der darunter und darüberliegenden Strecke je einen Tubus trug, der mit einem Gummistöpsel verschlossen werden konnte. Die Hinterwand war zur leichteren Entfernung des Bodens herausnehmbar. Die Bodenfläche war von zahlreichen in der Mittellinie angeordneten, je 10 cm voneinander entfernten Tubussen durchbohrt. Es stellte sich übrigens bald heraus, daß diese Anordnung noch keineswegs einen ganz ungehinderten Ablauf des durch den Boden gedrungenen Wassers zuließ. Deshalb wurde die Versuchserde nicht unmittelbar auf den Boden des Apparates geschüttet, sondern auf ein starkes, vielfach durchlöchertes Blech, welches durch eingeschobene Leisten auf dem Apparatboden hohl lag. Über dieses kam ein feines Messingdrahtnetz und auf dieses die Erde. Die große Erdmenge, welche der Apparat faßte, mit Sicherheit zu sterilisieren, erwies sich bald als undurchführbar, wenngleich die größte Menge der vegetativen Bakterienformen durch das stundenlange Erhitzen des in Flaschen eingefüllten Bodens abgetötet sein mochte.

Versuch mit lehmigem Sand (s. die mechanische Analyse auf S. 51), der bis zum Rande des Apparates aufgefüllt wurde. Einlauf von Kochsalzlösung mit Prodigiosus durch den mittleren Tubus; Flüssigkeitsniveau in der Vorlagflasche 55 mm. Nach ca. 6 Stunden sank dasselbe auf 34 mm und wurde dann so konstant erhalten.

Der Einlauf hält durch 6 Stunden an, ohne daß während dieser Zeit Nässe an der Glastafel, welche die eine Vorderwand des Apparates bildete, sichtbar geworden wäre. Erst nach dieser Zeit und nach einem Einlaufe von 12 830 ccm war ganz unten, nahe der Einlaufwand, aber ganz isoliert, in trockenen Boden ein kleiner nasser Fleck wahrzunehmen. Zu gleicher Zeit

waren aber unten bereits 60 ccm anfangs sehr trüben, sich aber bald klärenden, gelblich gefärbten Wassers abgeflossen, welches in 0,05 ccm 162 Prodigiosusbazillen nebst mehreren Kolonien von Bakterien der Subtilisgruppe enthielt.

Der erstentstandene nasse Fleck schob sich sehr langsam nach vorn, und über ihm traten nach 8 Stunden noch drei weitere kleine isolierte Flecke, ebenfalls nahe dem Boden des Apparates, auf. Das Einlaufwasser erreichte also die eine Seitenwand erst in einer gewissen Bodentiefe.

Über Nacht konnte das vorgelegte Wasser nicht ergänzt werden, und die am Schluß vorgelegten 2500 ccm waren in der Frühe des zweiten Versuchstages vollständig eingelaufen. Dafür war unten eine Menge von 1640 ccm abgetropft. An der Glaswand war die an der Einlaufwand liegende untere Ecke naß. Die Nässe begann an der Einlaufwand in der Höhe von 38 cm und bildete von da an einen ganz gleichmäßig abfallenden Bogen, der am Boden des Apparates bis auf 40 cm vorgeschoben war. Nach Wiederherstellung des Einlaufes bei einer Niveauhöhe von 35 mm in der Vorlagflasche erfolgte der weitere Einlauf nur langsam, und von 7 Uhr früh bis 4 Uhr nachmittags waren nur 3000 ccm eingelaufen, worauf neuerliches Abtropfen unten eintrat. Die seitliche Nässe war in ihrer Höhe an der Einlaufwand ganz unverändert geblieben, hatte sich aber am Boden bis 48 cm vorgeschoben. Die Verbindungslinie dieser beiden Punkte bildete einen ganz regelmäßigen Bogen. Sobald die Flüssigkeit unten abtropfte, wurde auch der Einlauf rascher, und bis 7 Uhr abends, wo er sich wieder, offenbar durch Verlegung, verlangsamte, waren neuerlich 4500 ccm eingeflossen. Über Nacht erfolgte der Einlauf so langsam, daß das vorgelegte Wasser nicht vollständig ausfloß, während unten 1900 ccm abgetropft waren.

Um 7 Uhr früh des dritten Tages bildete die nasse Stelle an der Seitenwand ein rechtwinkliges Dreieck, dessen Hypothenuse nur sehr wenig gekrümmt war, dessen einer, durch die Einlaufwand gebildeter Schenkel 32 cm maß, während der andere, durch den Apparatboden gebildete, 64 cm lang geworden war. Der Versuch wurde nach im ganzen 49 stündiger Dauer abgebrochen. Insgesamt waren 29 350 ccm Wasser ein- und 7410 ccm ausgeflossen; doch dürfte die letztere Zahl sich infolge eingetretener Verluste auf etwa 8000 ccm erhöhen, so daß rd. 21 l im Boden verblieben sind.

Beim Abheben der Hinterwand des Apparates fällt die trocken gebliebene Erde massenhaft heraus und läßt sich gut von der feuchten zusammenhängenden trennen, welche stehenbleibt und die Ausbreitung der Feuchtigkeit klar wiedergibt. Die Form derselben entspricht ungefähr der Form des nassen Fleckes an der Glaswand, wobei jedoch in der mittleren Partie die Nässe wesentlich weiter als an den Seitenwänden vorgedrungen ist. An der Einlaufwand reicht der nasse Boden über die Einlauföffnung etwa bis 47 cm hoch hinauf, geht dann 8 cm fast horizontal mit sehr geringer Neigung nach unten und fällt dann bis 70 cm am Boden des Apparates ab, mit einigen kleinen Vorschiebungen bzw. Einkerbungen der Kurve. Am Boden ist eine schmale, etwa 2 cm hohe Zone weiter vorgeschoben, ein Zeichen dafür, daß der Abfluß des aufgenommenen Wassers doch nicht ungehindert stattgefunden hat. Von der Mitte gegen die Seitenwände fällt die nasse Zone ziemlich gleich-

mäßig gerundet ab. Die Gestalt der Verunreinigungszone ist daher die ungefähre eines abgestutzten Kegels, dessen obere Fläche etwas über der Einlauföffnung liegt und einen Halbmesser von etwa 8 cm hat, während die untere Fläche am Boden des Apparates bei ganz ungehinderter Ausbreitung der Flüssigkeit (die durch die Seitenwände behindert war in den unteren Partien) einen Halbkreis von ca. 70 cm Durchmesser bilden würde (vgl. Fig. 3, welche den Durchschnitt der Nässe in der Mitte des Bodens und an der Glaswand wiedergibt). Es wurden in den Entfernungen 2 und 27 cm vom Einlauf Proben des nassen Bodens untersucht, so daß sich folgende Querschnitte ergeben:

2 cm			27 cm vom Einlauf		Grenze des Feuchten	
6,6% (0)	6,32% (0)	6,97% (0)	9,72% (0)		Mitte (Einlauftubus)	
	19,17% (60000)		—			
18,82% (4200)	18,42% (12000)	19,7% (12000)	17,67% (8000)	17,27% (5000)	19,74% (7200)	unten

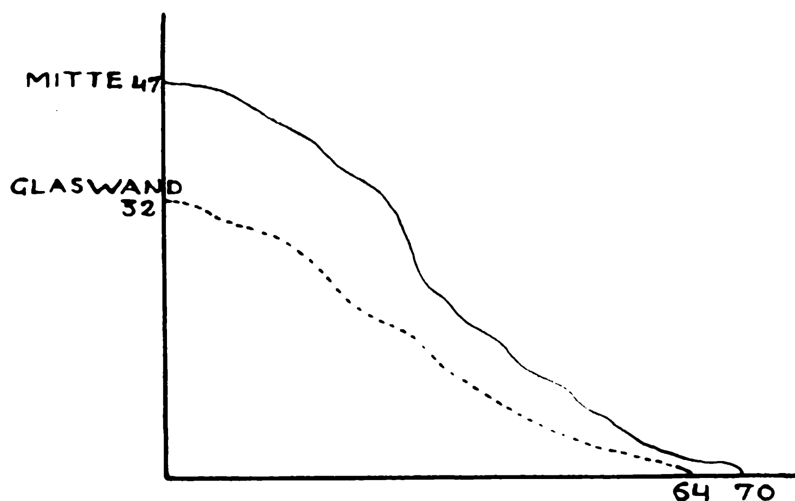


Fig. 3.

Leider verdienen die Zahlen der bakteriologischen Untersuchung hier nicht das gleiche Vertrauen wie die in den früheren Versuchen, da neben den Prodigiosuskolonien sehr zahlreiche andere, oft überwuchernd, aufgegangen waren, so daß eine sichere Zählung nahezu ausgeschlossen war. Erst später wurde diesem Übelstand durch stärkere Verdünnung der Bodenproben einigermaßen abgeholfen. Jedenfalls ergibt sich auch hier eine gute Filtrationswirkung sowie eine vollständige Keimretention für das durch Kapillarität fortgeleitete Wasser an der Grenze des feuchten Bodens. Feuchtigkeit und Bakteriengehalt sprechen übrigens dafür, daß an der einen (rechten) Seitenwand des Apparates ein gestörter Ablauf der Flüssigkeit gewesen sein muß.

Der folgende, mit dem gleichen großen Apparate und dem gleichen Boden angestellte Versuch hatte darin seine Besonderheit,

daß der Einlauf durch den obersten seitlichen Tubus erfolgte, also für das Wasser eine höhere Schicht von etwas über ½ m zu durchsinken war. Die Oberfläche der eingefüllten Erde lag etwa 4 cm über dem Einlaufe. Für möglichst ungehinderten Ablauf war dadurch vorgesorgt, daß als unterste Schicht eine grobe Kieslage von etwa 4 cm Höhe genommen wurde.

Beginn am 27. Mai, ½9 Uhr vorm.: Als Einlaufflüssigkeit physiologische Kochsalzlösung mit Prodigiosus; die Keimzahlbestimmung ergab in drei Versuchen einen Keimgehalt von 212 000, 130 000 und 106 000 Prodigiosus in 0,05 ccm, also im Mittel fast 3 Millionen in 1 ccm.

½11 Uhr vorm.: Der bisher sehr langsame Einlauf hat sich jetzt beschleunigt; der unter dem Einlauf zunächst gelegene Seitentubus II erweist sich als eben feucht, eine entnommene Probe ergibt keine Prodigiosusbazillen.

11 Uhr vorm.: Die Erde in Tubus II ist jetzt ganz feucht und liefert ca. 1200 Prodig.

Um 1 Uhr nachm. war der Tubus III noch trocken, begann aber um 2 Uhr feucht zu werden; es hat somit 5½ Stunden gedauert, ehe die Flüssigkeit ca. 40 cm Erde durchsunken hat.

4 Uhr nachm.: Der Einlauf ist bisher mäßig rasch und ungestört von statten gegangen; im Seitentubus II ist ganz nasser Schlamm, in Tubus III feuchte Erde. Die Untersuchung liefert 5120 und 9 Prodig. Gleichzeitig beginnt unten Abtropfen ganz klarer, gelblicher Flüssigkeit, die neben zahlreichen fremden Keimen nur 15 Prodig. in 0,05 ccm ergibt. Wenig später erscheint auf der Oberfläche des Bodens, und dabei von der Einlaufwand durch etwa 1 cm trockenen Bodens getrennt, ein kleiner nasser Fleck.

½6 Uhr nachm.: Der Fleck an der Oberfläche hat sich vergrößert. Unten sind bereits 550 ccm abgelaufen (Keimgehalt ca. 460 Prodig.), ohne daß an der Glaswand an der Seite irgendeine Nässe zu sehen wäre. Bis 8 Uhr abends änderte sich außer Vermehrung der ausgelaufenen Flüssigkeit nichts Wesentliches.

28. Mai, ½7 Uhr vorm.: Über Nacht ist die vorgelegte Flüssigkeit vollständig ausgeflossen, und unten sind 1460 ccm klarer, gelblicher Flüssigkeit abgelaufen. Der nasse Fleck an der Bodenoberfläche ist ungefähr halbkreisförmig, sitzt der Einlaufwand mit 11 cm Breite auf und reicht bis 12 cm nach hinten. Überdies ist Nässe an der verglasten Seitenwand zu bemerken, deren Grenze einen fast ganz gleichmäßigen Bogen bildet, der von 31 cm Höhe an der Einlaufwand sich bis 32 cm am Boden des Apparates hinzieht. Es wird der Einlauf bei der gleichen Höhe der Flüssigkeit in der Vorlagflasche (10 mm) wiederhergestellt; der Einlauf erfolgt zunächst rasch, verlangsamt sich aber um ¼8 Uhr sehr merklich, und ist um 10 Uhr ganz geringfügig. Erst um diese Zeit, nach Einlauf von etwa 2½ l, beginnt unten langsames Abtropfen. Bis abends bleibt Ein- und Ablauf äußerst langsam, der seitliche nasse Fleck verändert sich kaum, der Fleck an der Oberfläche vergrößert sich.

29. Mai, 7 Uhr vorm.: Der ganz langsame Ein- und Ablauf hat über Nacht angehalten, so daß keine Versuchsunterbrechung eingetreten ist. Die Nässe an der Oberfläche sitzt der Einlaufwand ungefähr halbkreisförmig mit 21 cm auf und reicht bis 17 cm nach hinten, wobei der weitest vorgeschobene Punkt gerade dem Einlauftubus entspricht. Die seitlich sichtbare Nässe hat ihre Gestalt gar nicht, ihre Ausdehnung nur insofern verändert, als sie an der Einlaufswand bis 41, am Boden bis 40 cm reicht. Während des ganzen Tages erfolgt zwar beständiger, aber sehr langsamer Ein- und Ablauf, der wenig über 1 l beträgt.

30. Mai, 7 Uhr früh: Der Versuch hat infolge des zwar ungestörten, aber sehr verlangsamten Einlaufes keine Unterbrechung erlitten. Der nasse Fleck auf der Oberfläche hat zwar seine, der Einlaufswand aufsitzende Basis auf 30 cm verbreitert, ist aber nach hinten nur wenig, auf 17½ cm, vorgedrungen. Die seitliche Nässe hatte die gleiche Form, war an der Einlaufwand 41 cm hoch, am Boden des Apparates bis 42 cm vorgeschritten. Es wurde nunmehr durch Drehen und Lüften des Glasröhrchens, durch welches der Einlauf erfolgte, die offenbar eingetretene Verschlammung beseitigt, worauf sich der Einlauf sofort beschleunigte und bereits ¼ Stunde später auch rasches Abtropfen unten eintrat. Nach 3 Stunden verlangsamte sich der Einlauf etwas, während der Ablauf unverändert blieb. Bis zum Abbruche des Versuches durch Sistierung des Einlaufes um 12 Uhr mittags waren neuerlich 8400 ccm eingelaufen und 5200 ccm abgetropft, denen weitere 2415 folgten, ohne daß innerhalb 3 Stunden Wasser hinzugekommen wäre. Es stehen also den 8400 ccm Einlauf während des letzten Halbtages 7615 ccm Ablauf gegenüber, wobei während der jetzt erfolgenden Manipulationen bei der Entleerung des Apparates noch Wasser abtropfte, das nicht mehr gemessen wurde, d. h. es floß jetzt annähernd alles einlaufende Wasser unten wieder ab. Der Versuch hatte somit sein natürliches Ende gefunden, da eine weitere Ausbreitung der Verunreinigung nur langsam auf dem Wege kapillarer Weiterleitung erfolgen konnte.

Die genaue Untersuchung der Wasserverbreitung ergab, daß der nasse Fleck an der Oberfläche trotz des neuerlichen Einlaufes von über 8 l seine halbkreisförmige Gestalt beibehalten hatte; er saß in der Ausdehnung von 30 cm der Einlaufswand auf und reichte mit seinem weitesten Punkte, ganz entsprechend dem Einlauftubus, bis 18 cm nach hinten. Die an der Seitenglaswand sichtbare Nässe bildete eine regelmäßigen Bogen, der 42 cm hoch an der Einlaufwand begann und sich auf 45 cm zum Boden des Apparates herabsenkte. Die Gestalt war also gegen früher gar nicht und die Ausdehnung, trotz des starken neuerlichen Flüssigkeitszuflusses, nur wenig verändert, ein neuerlicher Beweis für das natürliche Ende des Versuchs. Beim Herausnehmen der Hinterwand fällt die trocken gebliebene Erde aus der ganzen Hinterhälfte des Apparates leicht heraus, während der feuchte Boden zusammenhängend stehen bleibt und ein förmliches plastisches Modell der Verunreinigung wiedergibt. Dabei waren während des ganzen Versuches insgesamt 28 700 ccm Wasser ein- und 9750 ccm abgelaufen, also rd. 19 l im Boden verblieben. Dabei hatte sich die Verunreinigung bei 3½ tägiger

Versuchsdauer nicht einmal über die Hälfte des zur Verfügung gestellten Bodens verbreitet.

Die feucht gewordene Erde bildete auch diesmal, wie aus früheren Versuchen zu erkennen war, ungefähr einen abgestutzten Kegel, der durch die Einlaufwand halbiert wurde. Seine obere abgestutzte Fläche wurde durch den nassen Fleck an der Erdoberfläche gebildet, der an der Einlaufwand 30 cm maß, also die Seitenwände des Apparates noch lange nicht erreichte. Diese wurden an der Einlaufwand erst in 14 bzw. 16 cm (auf der nichtverglasten Seite) unter der Oberfläche, also der Höhe des durch das Glas sichtbaren nassen Fleckes, erreicht. Wie immer, war die Feuchtigkeit in der Mitte, also dem Einlauftubus entsprechend, weiter als an den Seitenwänden

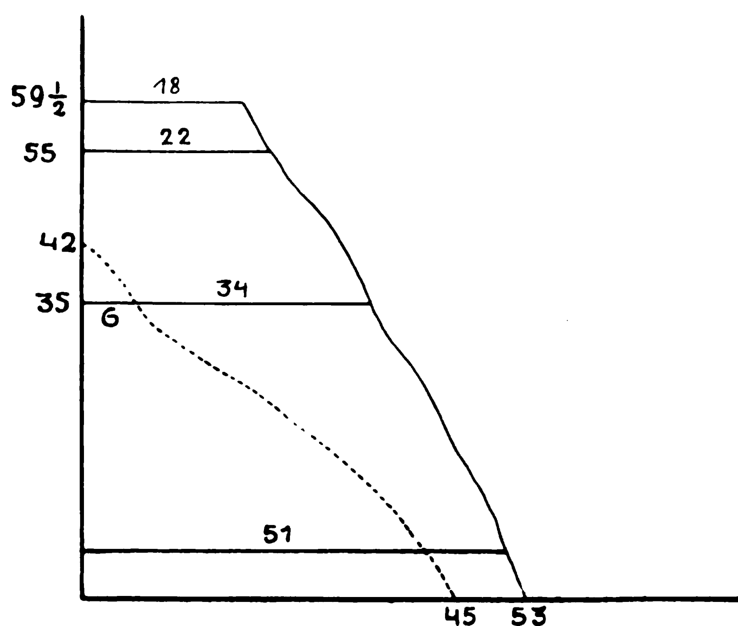


Fig. 4.

vorgeschritten, wie aus der Fig. 4, die einerseits den Durchschnitt der Mitte, anderseits die Ausbreitung der Nässe an der Glaswand wiedergibt, zu erkennen ist. Von der weiter vorgeschobenen Mitte zu den Seitenausbreitungen rundete sich die feuchte Zone allmählich ab. Man erkennt die Gestaltsverhältnisse an den drei Querschnitten, welche in Fig. 5 bis 7 wiedergegeben sind. Sie wurden in der Weise gewonnen, daß der stehende Feuchtigkeitskegel von oben nach unten mittels breiter Schaufel schichtweise abgetragen wurde. An den durch Zeichnung wiedergegebenen Stellen wurden auch die Untersuchungsproben entnommen, deren Resultate in den Figuren eingeschrieben sind.

Die beiden zuletzt mitgeteilten Versuche dürften den Verhältnissen, wie sie auch in der Wirklichkeit bestehen, ziemlich nahekommen. Sie sind lange genug fortgesetzt, um erkennen zu

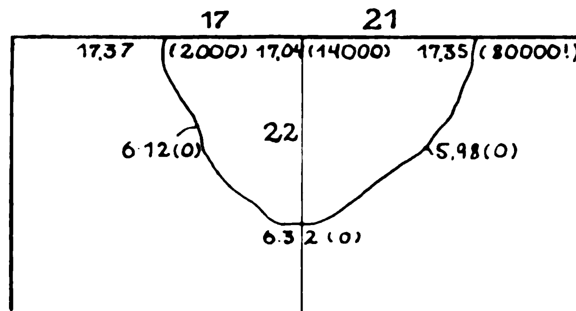


Fig. 5.

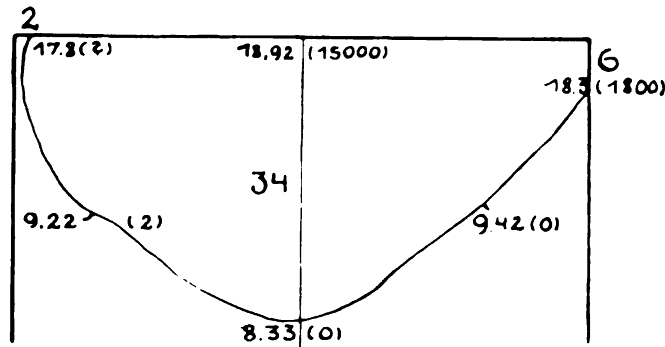


Fig. 6.

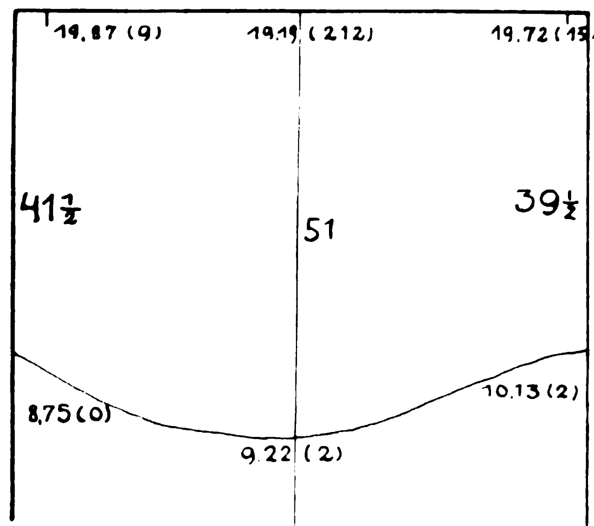


Fig. 7.

lassen, daß die maximale Ausbreitung der Flüssigkeit in dem zur Verfügung gestellten Boden erreicht war, abgesehen von einer weiteren Verbreitung durch Kapillarität, und abgesehen davon, daß der untere Teil der Verunreinigung doch wieder durch die Seitenwände des Behälters unnatürlich eingeengt ist. Im letzten Versuche macht sich auch ein wiederholter Wechsel der Einlaufschnelligkeit bemerkbar, offenbar durch mehr minder weitgehende Verlegungen der Passage bedingt, ein Ereignis, das bei einem natürlichen Boden und einer Verunreinigung, wie etwa Senkgrubeninhalt, jedenfalls sehr oft eintreten wird. Wenn im Versuche trotz des großen prozentualischen Anteils an Feinerde, wie ihn die nachstehende mechanische Bodenanalyse erkennen läßt, Einlaufgeschwindigkeit und Einlaufmenge verhältnismäßig groß waren, so mag das zum Teil an der Krümmelstruktur liegen, die der lehmige Boden beim Trocknen und Sterilisieren angenommen hatte, und welche naturgemäß, mindestens während der ersten Zeit, seine Durchlässigkeit erhöhen mußte.

Die mit dem Sieb von Wahnschaffe vorgenommene Analyse von 149,15 g des lufttrockenen Versuchsbodens ergab:

Auf dem 2 mm Sieb verblieben:	57,47 g = 38,53%
» » 1 » » »	32,00 g = 21,57%
» » ½ » » »	13,74 g = 9,29%
Durchgegangene Feinerde:	45,94 g = 30,80%

Aus allen, insbesondere aber aus denjenigen Versuchen, bei denen der Abfluß nach unten ein ungehinderter war, ist zu erkennen, daß die seitliche Ausbreitung der Verunreinigung keine allzu bedeutende ist. So ist im letzten Versuche in der Höhe des Einflusses nur eine Verbreitung auf ca. 20 cm horizontal zu bemerken gewesen. Daß diese Zahl einerseits von der Höhe des Druckes, unter dem die Verunreinigungsflüssigkeit in den Boden gelangt, anderseits von der Beschaffenheit des Bodens selbst abhängt, bedarf keiner Auseinandersetzung. Weiter nach unten zu nimmt zwar die horizontale Verbreitung der Druckrichtung entsprechend beträchtlich zu, doch ist sie am Boden des Apparates bei ungehindertem Abfluß nicht viel über $^1/_2$ m vorgedrungen und wäre wohl auch bei noch so langer Fortsetzung des Versuches nicht viel weiter, außer durch Kapillarwirkung, gekommen.

Aber alle früheren Versuche erweisen auch, wie gründlich sich die Verhältnisse ändern, wenn der Abfluß nur in geringem Grade gehemmt wird; in der Natur könnte das durch eine Schicht Boden geschehen, die zwar keineswegs impermeabel zu sein braucht, aber doch weniger leichten Abfluß als die erstpassierten Schichten gestattet. Dann findet sofort eine Ausbreitung der Verunreinigung auf dieser Schicht statt, eine förmliche Ausbildung einer Grundwasserzone aus Schmutzwasser, und die Folgen lassen sich leicht ermessen.

Das bemerkenswerteste Ergebnis der Versuche bezieht sich aber auf die große Verbreiterung der verunreinigten Fläche, die mit der Zunahme der Tiefe eintritt, und die aus den Fig. 5 bis 7 zu erkennen ist. Tatsächlich ist die Einmündung der Verunreinigung in den Boden kapillar oder fast kapillar, und etwa ½ m tiefer ist bereits ein ungefährer Halbkreis von ca. $^1/_2$ m Radius durchfeuchtet, also eine Fläche von etwa 4000 qcm entstanden, in der jede Pore einen Faden verunreinigter Flüssigkeit abzugeben vermag. Die Gefahr liegt also weniger in der rein seitlichen Verunreinigung als in der unverhältnismäßigen Ausbreitung derselben in den tieferen Bodenschichten, und die Folgen für ein flachstehendes Grundwasser sind danach leicht zu ermessen.

Nun hat sich allerdings die Retentionskraft des Bodens unter den möglichst natürlichen Verhältnissen der verwendeten Böden als überraschend groß erwiesen, und wenn auch die mit dem großen Apparate erlangten Zahlen der bakteriologischen Untersuchung keineswegs das gleiche Vertrauen verdienen wie die früheren, so ist doch auch hier die oft auffällig große Keimabnahme nach Durchlaufen relativ geringer und dabei relativ locker aufgefüllter Bodenschichten gut erkennbar. Auch die hier nicht untersuchte Absorptionskraft für gelöste, insbesondere organische Substanzen dürfte unter diesen Verhältnissen viel höher befunden werden als in den üblichen Röhrenversuchen, und die große Fläche, über die sich die Verunreinigung erstreckt, wird die Reinigungskraft der Erde an der Schmutzflüssigkeit stark hervortreten lassen. Aber diese Vorgänge haben natürlich ihre Grenze, und wenn die Lücke der Senkgrubenwand sich nicht verschließt, muß höchst-

gradige Infiltration gerade der tieferen Schichten und damit eventuell des im Boden stehenden Wassers auf einer großen, mit der kleinen Zuflußöffnung in gar keinem Verhältnisse mehr stehenden Fläche die notwendige Folge sein.

Von großer Bedeutung muß natürlich die Beschaffenheit des Bodens werden, nicht nur nach seiner Korn- und Porengröße und seiner Durchlässigkeit, sondern auch nach seiner schichtenweisen Lagerung und nach seinem Feuchtigkeitsgehalte; es wird nicht bedeutungslos sein, ob im trockenen Boden, wie in den Versuchen, nur Luft, oder im nassen auch Wasser aus den Poren zu verdrängen sein wird.

In Kürze sei hier noch auf Versuche mit einem sehr dichten und schweren, wenig sandigen Lehm hingewiesen. Der Einlauf erfolgte durch den obersten Tubus. Während einer fünftägigen Versuchsdauer liefen äußerst langsam, nur im Anfang etwas schneller, im ganzen 6030 ccm Flüssigkeit ein, der Seitentubus II wurde erst am zweiten Tage, der Seitentubus III überhaupt nicht deutlich feucht. Durch Herausnehmen der Erde wurde festgestellt, daß die Nässe in der Höhe des Einlaufes am weitesten gedrungen war; sie bildete einen Bogen, der der Einlaufwand in einer Strecke von 52 cm aufsaß, nirgends die Seitenwände erreichte und nach hinten auf 30 cm vorgeschoben war. Unterhalb dieser Zone nahm die Ausdehnung der nassen Fläche rasch ab und bildete 20 cm unter dem Einlauf einen Bogen, der auf 36 cm der Einlaufwand aufsaß und 27 cm vorgeschoben war. Weitere 8 cm darunter sind die Zahlen auf 21 und 17 cm reduziert, und noch 3 cm tiefer fand sich ein kleiner, etwa 3 cm im Durchmesser haltender nasser Fleck unterhalb des Einlaufes.

Die Verunreinigung saß also der Einlaufwand ungefähr wie ein Baumschwamm dem Baumstamm auf, und erlangte keine größere Ausdehnung, und der Einlauf wäre ohne Nachhilfe durch Lüftung des Zulaufrohres wiederholt ganz zum Stehen gekommen, obwohl die Höhe des Flüssigkeitsniveaus in der Zulaufflasche 55 bis 60 mm betrug. Es ist fast sicher, daß die Ausbreitung der Feuchtigkeit nach den Seiten und nach rückwärts wesentlich auf kapillare, sehr langsame Fortleitung zurückzuführen war.

Die mechanische Analyse des zum Versuche verwendeten Bodens ergab:

Auf 2 mm Sieb verblieben:	21,1 g	von 150 g	= 14,07%
» 1 » » »	31,05 g	» 150 g	= 20,7%
» ½ » » »	18,15 g	» 150 g	= 12,1%
Durchgegangene Feinerde:	79,7 g	» 150 g	= 53,13%

Zusammenfassend lehrt eine genauere Analyse für die Versuche mit gut durchlässigem Boden, bei welcher sowohl die kurzdauernden mit dem kleinen wie die langwierigen mit dem großen Apparate berücksichtigt werden, daß im Anfange der Durchschnitt des naßgewordenen Bodens ungefähr die Form eines mehr minder unregelmäßigen Dreiecks hat, dessen Basis an der Einlaufwand liegt, und dessen Spitze durch den vom Einlauf entferntesten Punkte gebildet wird. Es wird also die Flüssigkeit einerseits vorwärts getrieben, sinkt aber anderseits nach unten ab, was an der Einlaufwand am schnellsten geschieht. Eine analoge Figur ist auch an der Glaswand bei den Versuchen mit dem kleinen Apparate in der ersten Zeit zu erkennen (vgl. Fig. 1: 8 Uhr 30 Min.; Fig. 2: 7 Uhr 45 Min. und 8 Uhr 5 Min.), nur daß diese bei entsprechender Anordnung nicht bis in die Einlaufhöhe hinaufreicht (in Fig. 1). Das rührt daher, daß außer der horizontalen und vertikalen Wasserbewegung auch ein seitliches Vordringen rechts und links von der Einlaufebene erfolgt, welches gleichzeitig nach unten gerichtet ist, dabei aber viel langsamer als das in der unmittelbaren Druckrichtung eintritt. Die Folge davon ist die Entstehung eines feuchten Erdstückes, das in seiner Form oben mit der eines einem Baumstamm aufsitzenden Baumschwammes verglichen wurde, und welche bei wenig durchlässigem Boden auch bei tagelanger Fortführung des Versuches im großen Apparate bestehen blieb.

Bei durchlässigem Boden bemerkt man an der Glaswand des kleineren Apparates, daß schon nach kurzer Zeit der weitest vorgeschobene Punkt der Feuchtigkeit nicht mehr in der Fortsetzung des Einlaufes liegt, sondern darunter (vgl. Fig. 1: 9 Uhr, 9 Uhr 30 Min. und 10 Uhr 30 Min.), und allmählich bildet sich der Rand des nassen Bodens als eine nach hinten und unten gerichtete Kurve aus, die mehrfache Unregelmäßigkeiten infolge ungleichmäßiger Schichtung des Bodens aufwies. Bei den mehr natür-

lichen Versuchen mit dem großen Apparate trat diese Kurve an der Glaswand erst spät, dann aber immer in sehr regelmäßiger Form auf (vgl. Fig. 1 und 4, punktierte Linie). Dabei lehrte aber das schon vor dem Sichtbarwerden der Nässe an der Seitenwand erfolgende Abtropfen durch den Boden, daß das Wasser in der Mitte die ganze Erdschicht früher durchläuft, ehe es noch seitlich bis an die umschließenden Wände gelangt. Aus der Zusammenstellung dieser verschiedenen Ausbreitung des Wassers ergibt sich schließlich die stets gefundene ungefähre Kegelform des naßgewordenen Bodens.

Läßt man eine Flüssigkeit unter Druck aus einer engen Röhrenmündung frei austreten, so nimmt der ausfließende Strahl eine nach unten bogenförmige Richtung; eine solche läßt sich auch in der Durchschnittsebene der Durchnässungsfigur erkennen. Im übrigen liegen aber natürlich die Verhältnisse im Boden insofern eigenartig, als der eintretende Flüssigkeitsstrahl sofort in sehr zahlreiche kleine, nach allen Richtungen sich öffnende Kanäle, die Poren, gelangt. In die geradlinig in der Richtung des Austritts liegenden wird das Wasser zunächst mit der ganzen Druckkraft getrieben, nur mit einer Komponente derselben in die schiefen, seitlichen, unteren. Jeder einzelne dieser kleinen Kanäle ist aber nicht solide, sondern enthält nach allen Richtungen hin die Mündungen anderer Kanälchen usf. Dabei kommen immer mehr die Gegenwirkungen der Reibung einerseits, der Schwere anderseits zur Geltung. Unter Berücksichtigung dieses Verhältnisses ist die Form der schließlich entstehenden Verunreinigung des Bodens leicht einzusehen, und es würde möglich sein, für die Ausbreitungslinie mathematisch richtige Ausdrücke zu finden, sowohl in den Durchschnittsebenen als in der endlich resultierenden dreidimensionalen Form des verunreinigten Erdreiches, statt der nun ungefähren Vergleiche, die hier angewendet wurden, und die natürlich auch nicht die genauen Verhältnisse wiedergeben können. Doch hätte eine derartige mathematische Ableitung wesentlich nur theoretisches Interesse, gegenüber der praktisch nicht bedeutungslosen Feststellung, daß eine aus einer schadhaft gewordenen Senkgrubenwand austretende Schmutzflüssigkeit rein horizontal nur

wenig sich im Boden verbreitet, während nach unten zu die verunreinigte Fläche immer größer wird. Die Hauptgefahr liegt also nicht in der seitlichen, sondern in der nach unten gerichteten Infiltration des Bodens.

Ist die Verunreinigungsfigur einmal voll ausgebildet und der Ablauf derselben in die tieferen Bodenschichten ganz ungehindert, so nimmt ihre Ausdehnung, außer durch kapillare Fortleitung, nicht mehr zu, und unter gleichbleibenden Verhältnissen fließt die Verunreinigung auch in wesentlich gleichbleibenden Bahnen in die tieferen Bodenschichten, eventuell ins Grundwasser ab.

Über meine Schnellmethode der bakteriologischen Wasseruntersuchung.

(Zugleich Erwiderung auf die Arbeit von E. Hesse „Über die Verwendbarkeit der ‚Eisenfällung‘ zur direkten Keimzählung in Wasserproben“).

Von

Prof. **Paul Th. Müller.**

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Graz.)

(Bei der Redaktion eingegangen am 17. Dezember 1913.)

I.

Vor kurzem hat E. Hesse eine Nachprüfung meiner Schnellmethode der bakteriologischen Wasseruntersuchung veröffentlicht[1]), deren Ergebnisse er dahin zusammenfaßt, daß sie

> für eine schnelle orientierende Voruntersuchung von Wasserproben erfolgreich verwendet werden könne, da sie es dem Untersucher ermögliche, sich in etwa 2 Stunden ein ungefähres Bild von dem Keimgehalt eines Wassers zu machen, daß sie daher auch für gewisse Forderungen der Praxis, insonderheit für die Kontrolle der Sandfilteranlagen von Wert sei; daß sie dagegen niemals als ein voller Ersatz für die Züchtungsverfahren gelten könne, und auch nicht den Grad der Sicherheit besitze, der für ein quantitatives Verfahren gefordert werden müsse.

Was den ersten dieser beiden einschränkenden Zusätze Hesses betrifft, so kann ich demselben um so leichter zustimmen, als ich selbst ja meine Schnellmethode niemals als einen Er-

1) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundh.-Amt Bd. XLIV, H. 2, 1913.

satz der kulturellen Untersuchungsmethoden betrachtet wissen wollte, sondern dieselbe nur für solche Fälle empfohlen hatte, wo es darauf ankommt, sich möglichst rasch ein Urteil über den Keimgehalt eines Wassers zu bilden.

Dagegen erfordert die Äußerung Hesses über die quantitative Leistungsfähigkeit der Methode eine eingehendere Erörterung.

Vielleicht der schwerwiegendste Einwand, den Hesse gegen die Methodik erhoben hat, besteht darin, daß es ihm „auch bei den besten Bildern nicht möglich gewesen ist, auch nur von einem einzigen Gesichtsfeld mit absoluter Sicherheit zu behaupten, wieviel Keime in ihm vorhanden seien". Mehrere „bereits jahrelang bakteriologisch tätige" Herren, denen derartige Präparate vorgelegt wurden, und die gebeten wurden, die nach ihrer Ansicht sicheren Bakterien in ein und demselben Gesichtsfeld auszuzählen, erhielten in einem Falle die Zahlen 3, 4, 6, 54, 81, in einem anderen Falle 2, 5, 8, 11, 12, 17.

Da mir derartige große Differenzen in den Zählergebnissen nicht recht verständlich erschienen, habe ich Herrn Dr. Stampfel, Assistenten am hiesigen Hygienischen Institut, gebeten, eine Reihe von verschiedenen Präparaten systematisch, Gesichtsfeld für Gesichtsfeld mit mir durchzuzählen, wobei, um jede psychische Beeinflussung, die in solchen Fällen nur zu leicht eintreten kann, mit Sicherheit auszuschließen, jeder von uns beiden seine Ergebnisse getrennt aufzeichnete, die dann erst am Schluß der Zählung — meistens wurden 10 Gesichtsfelder eines Präparates durchmustert — miteinander verglichen wurden. Bemerkt sei noch, daß Kollege Dr. Stampfel sich zwar seit einigen Jahren mit bakteriologischen Untersuchungen beschäftigt, aber vor diesen Experimenten niemals mit meiner Methode gearbeitet hatte. Zu den Parallelversuchen dienten sehr verschiedenartige Wasserproben: Leitungswasser, das mit einer Reinkultur von Bacterium coli versetzt worden war; Leitungswasser mit flüssigem Tonneninhalt vermischt; Teichwasser, stark mit Leitungswasser verdünnt; Wasser eines im Garten befindlichen, seit Wochen nicht entleerten Bassins, endlich verschiedene Brunnenwässer. Das Ergebnis dieser Zählungen findet sich in den folgenden Versuchsprotokollen niedergelegt.

1. Leitungswasser, nur kurze Zeit laufen gelassen, + Bact. coli. Mikroskopisch: viele Spirillen, viele Stäbchen, spärliche Kokken. 27. April.

M	75	88	49	89	82	92	85	71	72	93	= 796
St	67	86	56	78	93	99	69	80	56	82	= 766

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:

M: 79,6 St: 76,6.

2. Leitungswasser, kurze Zeit laufen gelassen, + Bact. coli. Befund wie 1. 27. April.

M	64	55	68	44	55	59	50	60	67	65	= 587
St	75	64	49	43	55	78	48	59	58	66	= 595

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:

M: 58,7 St: 59,5.

3. Leitungswasser, lange laufen gelassen. 27. April.

M	0	1	1	1	0	2	0	0	0	0	= 5
St	0	2	0	1	0	2	2	0	0	0	= 7
M	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	= 3
St	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	= 1

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:

M: 0,4 St: 0,4.

4. Leitungswasser + flüssiger Tonneninhalt. — Mikroskop: Stäbchen, isolierte und Kettenkokken. 29. April.

M	20	19	28	24	25	21	20	19	28	26	= 230
St	24	22	26	22	23	18	23	18	33	26	= 235

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:

M: 23,0 St: 23,5.

5. Leitungswasser + flüssigen Tonneninhalt. Befund wie bei 4.

M	26	22	23	17	22	26	27	20	16	25	= 224
St	29	27	24	17	21	22	27	20	14	20	= 221

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:

M: 22,4 St: 22,1.

6. Teichwasser, stark mit Leitungswasser verdünnt; das Gemisch opaleszent, reich an feinen Schwebestoffen.

M	18	12	10	8	11	16	23	26	24	25	= 173
St	18	12	21	22	21	22	18	15	23	22	= 194

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:

M: 17,3 St: 19,4.

7. Teichwasser, stark mit Leitungswasser verdünnt.

M	15	15	7	11	6	5	6	8	10	5	= 88
St	13	7	8	4	9	4	12	6	14	10	= 87

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:

M: 8,8 St: 8,7.

8. Teichwasser, stark verdünnt.

M	18	13	16	16	10	8	12	7	14	14	= 128
St	14	18	15	12	9	10	8	7	12	16	= 121

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:

M: 12,8 St: 12,1.

9. Bassin im Garten, seit Wochen nicht entleert; stark verdünnt.

M	9	15	20	17	7	13	9	12	7	13	=	122
St	9	10	15	10	8	22	13	16	13	19	=	135

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 12,2 St: 13,5.

10. Teichwasser, durch Papier filtriert, 48 Stunden gestanden.

M	55	36	94	49	68	73	63	72	60	37	=	607
St	52	51	59	48	64	74	70	82	73	55	=	628

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 60,7 St: 62,8.

11. Bassin im Garten, stark verdünnt.

M	86	97	99	91	65	76	95	57	39	76	=	781
St	86	120	114	117	76	75	98	62	38	43	=	829

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 78,1 St: 82,9.

12. Bassin im Garten, stark verdünnt.

M	37	34	55	64	73	35	62	32	41	36	=	469
St	40	53	50	49	52	47	56	44	49	53	=	493

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 46,9 St: 49,3.

13. Teichwasser, filtriert, 24 Stunden gestanden.

M	15	16	19	8	21	20	20	17	33	26	=	195
St	13	17	22	8	23	24	15	21	33	28	=	205

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 19,5 St: 20,5.

14. Brunnenwasser 1.

M	16	14	21	16	14	15	10	10	8	14	=	138
St	14	13	14	13	15	19	14	11	8	17	=	138

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 13,8 St: 13,8.

15. Brunnen 2.

M	56	51	53	68	96	57	49	97	77	66	=	670
St	50	51	74	80	80	73	75	76	58	62	=	679

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 67,0 St; 67,9.

16. Brunnen 3.

M	21	24	23	19	15	30	21	17	19	21	=	210
St	15	17	16	21	21	28	22	16	17	18	=	191

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 21,0 St: 19,1.

17. Brunnen 4.

M	293	314	285	291	199	175	180	192	158	152	=	2239
St	226	275	312	268	205	201	206	207	169	148	=	2217

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 223,9 St: 221,7.

18. Brunnen 5.

M	30	42	43	40	37	31	43	42	41	39	= 388
St	29	39	49	55	46	36	52	55	48	42	= 452

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 38,8 St: 45,2.

19. Leitungswasser.

M	4	9	4	3	2	4	3	4	3	2	= 38
St	7	5	3	6	2	8	1	6	3	4	= 45

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 3,8 St: 4,5.

20. Wasserleitungswasser + Tonneninhalt.

M	71	75	78	87	68	77	97	74	64	52	= 763
St	68	78	72	79	56	63	79	52	45	44	= 636

Ergebnis: Mittlere Keimzahl in 1 Gesichtsfeld:
M: 76,3 St: 63,6.

Übersichtstabelle.

Prozentige Abweichung der Zählergebnisse. Jeder Beobachter zählte die gleichen Gesichtsfelder. Okular 4.

	Keimzahlen pro Gesichtsfeld		Differenz in %
	M	St	
Leitungswasser + Coli	79,6	76,6	3,7
Leitungswasser + Coli	58,7*	59,5	1,3
Leitungswasser	0,4	0,4	0
Leitungswasser + Fäkalien . . .	23,0	23,5	2,1
Leitungswasser + Fäkalien . . .	22,4	22,1	1,3
Teichwasser + Leitungswasser . .	17,3	19,4	10,8
Teichwasser + Leitungswasser . .	8,8	8,7	1,1
Teichwasser	12,8	12,1	5,5
Bassin	12,2	13,5	9,6
Teichwasser	60,7	62,8	3,3
Bassin	78,1	82,9	4,4
Bassin	46,9	49,3	4,8
Teichwasser	13,8	13,8	0
Brunnenwasser	19,5	20,5	4,8
Brunnenwasser	67,0	67,9	1,3
Brunnenwasser	21,0	19,1	9,0
Brunnenwasser	38,8	45,2	14,1
Brunnenwasser	223,9	221,7	0,9
Leitungswasser	3,8	4,5	15,5
Leitungswasser + Fäkalien . . .	76,3	63,6	16,6
		Mittel:	5,5%
		Maximum:	16,6%

Betrachten wir nun die Zählungsergebnisse, die sich in der Übersichtstabelle summarisch zusammengestellt finden, etwas näher, so sehen wir, daß tatsächlich Differenzen bestehen, wie dies ja von vornherein nicht anders zu erwarten war. Denn auch, wenn zwei verschiedene Beobachter Gelatineplatten, die etwas dichter besät sind, durchzählen, wird sich fast nie eine vollkommene Übereinstimmung der gewonnenen Zahlen finden; vielmehr weichen auch in diesem Falle die Ergebnisse mehr oder minder stark voneinander ab, was zum Teil in der nicht immer gleichbleibenden Aufmerksamkeit, zum Teil in anderen Ursachen, Übersehen feinster, punktförmiger Kolonien usw., begründet sein dürfte.

Die Differenz zwischen den Ergebnissen der mikroskopischen Parallelzählung ist nun aber im Durchschnitt bei den 20 untersuchten Wasserproben eine recht geringfügige gewesen; sie betrug nämlich nur **5,5**%, während die größte hierbei beobachtete Abweichung sich nur auf **16,6**% belief. Dabei waren Differenzen, die 10% überschritten, nur bei 4 von 20 Wasseruntersuchungen zu verzeichnen gewesen, also in 20% der Fälle. Es ist übrigens dabei noch zu berücksichtigen, daß diese Differenzen bei Durchführung von mehr als 10 Gesichtsfeldern natürlich sich noch verringern, die Ergebnisse der beiden Untersucher sich einander noch mehr nähern dürften.

Eine weitere Reihe von Parallelzählungen wurde in der Weise vorgenommen, daß von beiden Beobachtern unabhängig voneinander 20 willkürlich gewählte Gesichtsfelder durchgezählt wurden, wobei diesmal das Okularnetz in Verwendung kam. Die Ergebnisse finden sich in der folgenden Tabelle zusammengestellt, die nur die von jedem Beobachter erhaltenen Mittelzahlen sowie die prozentische Abweichung der einander entsprechenden Zählungen wiedergibt.

Wie man sieht, waren hier, wo die von beiden Untersuchern gezählten Gesichtsfelder nicht die gleichen waren, die Differenzen nur unbedeutend höhere als bei der ersten Versuchsreihe. Die durchschnittliche Abweichung der Zäh-

Zählung mit Okularnetz.

Durchschnittliche Keimzahlen pro Gesichtsfeld. Jeder Beobachter zählte andere Gesichtsfelder. Okular Nr. 4.

	M	St	Differenz in %
Brunnenwasser + Fäkalien	607	583	3,9
Brunnenwasser + Fäkalien	297	288	3,0
Brunnenwasser + Fäkalien	160	156	2,5
Brunnenwasser + Fäkalien	75	80	6,2
Brunnenwasser + Fäkalien	39	43	9,4
Brunnenwasser + Fäkalien	9,0	10,2	11,7
Flußwasser	53,3	56,6	5,8
Brunnen, nicht im Gebrauch . . .	210	217	3,2
Brunnen, nicht im Gebrauch . . .	116	146	20,5
Brunnen, nicht im Gebrauch . . .	60,7	58,7	3,3
Brunnen, nicht im Gebrauch . . .	30,0	35,2	14,8
Brunnen, nicht im Gebrauch . . .	15,3	17,5	12,5
		Mittel:	8,0%
		Maximum:	20,5%

lungen voneinander betrug 8%, die maximale Abweichung 20%; Differenzen über 10% wurden bei 4 Präparaten, d. i. nur bei ⅓ aller untersuchten Wasserproben gefunden.

Unsere beiden Versuchsreihen zusammenfassend kann man also das Ergebnis der voneinander unabhängigen Parallelzählungen folgendermaßen formulieren:

Obwohl bei denselben nur 10 bzw. 20 Gesichtsfelder durchgezählt wurden, betrug die mittlere Abweichung nur **6,4**%; die maximale Differenz betrug **20,5**%; und Zählungsunterschiede über 10% wurden nur bei 8 Wasserproben, d. i. bei einem Viertel der Fälle, beobachtet. Das Mittel der über 10% betragenden Differenzen belief sich auf 14,5%.

Ist also das Ergebnis unserer Parallelzählungen, wie man sieht, im ganzen recht befriedigend ausgefallen, so müssen wir uns nun fragen, wie die bedeutenden Differenzen, über die Hesse berichtet, zustande kommen konnten.

Da ist nun zunächst darauf hinzuweisen, daß Hesse und seine Mitarbeiter, wenn ich ihn richtig verstanden habe, gezählt

haben, ohne die Mikrometerschraube spielen zu lassen, ohne also die verschiedenen Ebenen des Präparates zu durchsuchen.

Nun habe ich allerdings in meiner ersten Mitteilung keine spezielle Angabe über diesen Punkt gemacht. Ich habe es nämlich für selbstverständlich gehalten, daß die Zählung der Bakterien in einem Präparate, das aus einer nicht gar so dünnen angetrockneten Schichte besteht, nur unter fortwährender Benutzung der Mikrometerschraube erfolgen kann, wie dies ja übrigens auch bei der mikroskopischen Plattenzählung nach Neisser der Fall ist, wo ja ebenfalls die ganze Tiefe der freilich unvergleichlich dickeren Gelatineschicht durchmustert werden muß.

Zählt man dagegen bloß die in einer willkürlich gewählten Ebene liegenden Bakterien, so ist klar, daß man hierbei, je nach der Einstellung, sehr verschiedene Keimzahlen erhalten, wird und daß man daher auf diesem Wege überhaupt nicht zu brauchbaren Zahlenwerten gelangen kann. Denn nicht nur werden bei diesem Verfahren alle jene Bakterien ungezählt bleiben, die in anderen Ebenen liegen, sondern es werden auch jene Keime, die bei der betreffenden Einstellung nur unscharf zu sehen sind, Zweifel erregen müssen, ob es sich wirklich um Bakterien oder um andere, mitgefärbte Partikelchen handelt, ohne daß man in der Lage wäre, sich durch schärfere Einstellung von ihrer Natur zu überzeugen.

Eine Nachprüfung meiner Zählmethode ohne Berücksichtigung dieser Tatsachen, ohne Durchmusterung der ganzen Dicke der angetrockneten Schicht, muß daher von vornherein als vollkommen wertlos bezeichnet werden.

Nun meint allerdings Hesse, daß durch Verstellung der Mikrometerschraube „die Orientierung wesentlich erschwert werde", und daß das Gesichtsfeld sich hierbei fortwährend ändere, so daß man „oft nicht in der Lage sei, zu sagen, welche Keime bereits gezählt sind und welche nicht", eine Schwierigkeit, die

sich besonders in den Randpartien des Gesichtsfeldes geltend mache. Wie man sieht, richtet sich dieser Einwand nicht nur gegen meine Zählungsmethode als solche, sondern eigentlich gegen alle mikroskopischen Zählungsmethoden, besonders auch gegen die Neissersche Plattenmethode, bei der ja auch mit der Verstellung der Mikrometerschraube eine Veränderung des Gesichtsfeldes eintritt, die in diesem Falle, bei der großen Dicke der Gelatineschicht, sogar weit größer ist als bei Durchmusterung der angetrockneten Eisenniederschläge. Wenn man trotzdem mit der mikroskopischen Plattenzählung befriedigende Resultate erzielt hat, so beweist diese Tatsache für sich allein schon, daß der durch die Verschiebung des Gesichtsfeldes entstehende Fehler praktisch überhaupt nicht in Betracht kommt; die Unsicherheit, ob ein bestimmtes Bakterium oder eine bestimmte Kolonie bereits gezählt wurde oder nicht, wird sich bei einiger Übung und Aufmerksamkeit und besonders bei Benutzung eines Okularnetzes, das ich auch für die Zählung keimärmerer Gesichtsfelder empfehlen möchte, bald auf ein unschädliches Maß herabdrücken lassen. Irgendwelchen erheblicheren Schwierigkeiten in dieser Beziehung sind wir jedenfalls nicht begegnet; meist war sogar von der erwähnten Verschiebung des Gesichtsfeldes kaum etwas zu bemerken.

Nicht schwerwiegender erweist sich ein weiterer, von Hesse erhobener Einwand, der übrigens nur ein im Grunde ziemlich belangloses Detail der Methode betrifft. Ich hatte angegeben, daß ich bei meinen Versuchen „Bakterienschatten“, d. h. ganz blaß gefärbte, kaum noch als Stäbchen erkennbare Formen nicht mitgezählt habe. Ich gebe gerne zu, daß man darüber verschiedener Meinung sein kann, ob man diese vielfach leicht gequollenen, nur teilweise gefärbten, oft bereits unscharf begrenzten und offenbar in Auflösung begriffenen Formen noch mitnehmen soll oder ob man sie bereits zu den nicht mehr in Betracht kommenden Detrituspartikelchen rechnen soll. Von irgendwelcher Bedeutung ist jedoch diese Frage kaum, es handelt sich vielmehr dabei um eine rein willkürliche, konventio-

nelle Festsetzung, bei der es lediglich darauf ankommt, daß sie konsequent festgehalten wird. Hält man es also für richtiger, diese Schatten, deren Herkunft aus gequollenen und zerfallenden Bakterien eben noch erkennbar ist und die oft wie leere Hülsen aussehen, mitzuzählen, so habe ich nichts dagegen. Mit schwächer gefärbten, aber sonst normal geformten und scharf konturierten Bakterien dürften die „Schatten" jedoch meiner Meinung nach kaum zu verwechseln sein, so daß das Bedenken Hesses, wo die Grenze zwischen diesen Formen und den vielen, „in allen Übergängen ihres Färbungsgrades variierenden Bazillen zu suchen" sei, mehr theoretisch konstruiert als den tatsächlichen Erfahrungen am Mikroskop entsprossen zu sein scheint. Übrigens beweisen ja die Ergebnisse unserer Parallelzählungen am besten, daß die aufgezählten Einwände Hesses praktisch keine Rolle spielen können.

Man muß sich nur zur Regel machen, lediglich scharfkonturierte, zweifellose Bakterien zu zählen, während man Gebilde, „über deren Natur man sich" — auch bei verschiedener Einstellung der Mikrometerschraube — „nicht klar werden kann", natürlich nicht als Bakterien ansprechen können wird und daher unberücksichtigt lassen muß. Daß dabei die Verwendung etwas stärkerer Okulare eine Erleichterung der Zählung bedingt, ist ohne weiteres zuzugeben, weshalb denn auch die Parallelversuche, über die früher berichtet wurde, mit Okular 4 und nicht — wie früher — mit Okular 2 vorgenommen wurden. Natürlich erhöht sich dadurch der Faktor, mit dem die in einem Gesichtsfeld vorhandene Zahl von Keimen multipliziert werden muß, um die Zahl in einem Kubikzentimeter zu erhalten. Ich komme auf die Berechnungsweise, die infolgedessen etwas zu ändern ist, später noch zurück.

II.

Weitere, allerdings von Hesse selber weniger schwer bewertete Einwände beziehen sich auf die nicht vollkommen quantitativ erfolgende Abscheidung der Wasserbakterien durch das

Fällungsmittel. Ich hatte bei meinen Versuchen gefunden, daß bei nicht allzuhohem Keimgehalt des Wassers durchschnittlich 99% derjenigen Bakterienmenge durch die Eisenfällung niedergeschlagen wurde, die sich bei zweimaliger Fällung im Wasser nachweisen ließ. Unter der streng genommen nicht ganz richtigen, aber, wie auch Hesse zugibt, der Wahrheit ziemlich nahekommenden Annahme, daß durch zwei aufeinanderfolgende Fällungen alle Bakterien aus dem Wasser entfernt werden, sprach dieses Resultat für eine ziemlich befriedigende Leistungsfähigkeit der Fällungsmethode und stimmte auch mit den Befunden von O. Müller gut überein, der bei Verwendung der Zentrifuge zur Abscheidung des Niederschlages 97 bis 98% der ausgesäten Keime in der Fällung wieder finden konnte, während sich allerdings ohne Zentrifuge durchschnittlich nur 88,8% im Niederschlag befanden. — Hesse hat nun die Leistungsfähigkeit der Fällungsmethode in anderer Weise kontrolliert, indem er steriles Wasser mit einer Reinkultur von Bacterium coli infizierte, die Aussaatmenge bestimmte, dann mit liquor ferri oxychlorati ausfällte, und die abgegossene überstehende Flüssigkeit nach seiner Methode, durch Filtration durch ein Berkefeldtfilter und Verarbeiten des Rückstoßwassers auf Kulturplatten, untersuchte. — Selbstverständlich hat Hesse im Prinzip vollkommen recht, wenn er hervorhebt, daß eine Kontrolle der Fällungsmethode durch ein anderes Verfahren, vor der Kontrolle der Methode durch sich selbst, wie sie bei meinen Versuchen geübt wurde, unbedingt den Vorzug verdiene. Eine andere Frage freilich ist es, ob gerade seine Methode hierzu befähigt ist; denn Ficker hat bei ihrer Nachprüfung vor kurzem gefunden, daß sie gelegentlich nur 37,3%, 41,5%, 57,6%, im Durchschnitt nur 74% der Aussaat wiederfinden lasse, und daß man „nicht damit rechnen dürfe, daß sie für quantitative Zwecke immer gleichmäßige Resultate liefere", zumal gelegentlich auch höhere Bakterienzahlen gefunden wurden, als überhaupt eingesät worden waren.

Es liegt mir jedoch vollkommen ferne, mich hinter dieses billige Argument zu verschanzen und etwa die Versuche Hesses

aus diesem Grunde von vornherein abzulehnen. Ich will vielmehr versuchen, die Gründe darzulegen, die meiner Meinung nach bewirkt haben, daß Hesse eine weniger vollständige Wirkung der Eisenfällung — nämlich nur 90% Ausbeute — beobachtet hat als ich.

Hesse hat bei seinen Untersuchungen die vorsichtig abgegossene, klare, über dem Eisenniederschlag stehende Flüssigkeit auf ihren Keimgehalt geprüft. Wenn man solche „klare" Flüssigkeiten genauer betrachtet, so findet man bei näherem Zusehen, daß sich in ihr noch feine gelbbraune Flöckchen des Eisenniederschlages schwebend befinden, wovon man sich noch besser überzeugen kann, wenn man zentrifugiert. Am Boden des Glases findet man dann einen deutlichen braunen Belag. Es ist nun selbstverständlich, daß diese geringen, in der Flüssigkeit zurückgebliebenen Niederschlagsmengen im Verhältnis zu der großen Quantität des abgesetzten Bodensatzes kaum in Betracht kommen werden, weshalb ich sie für gewöhnlich — d. h. bei der Untersuchung der Wässer — insofern ignoriert habe, als ich nicht die gesamte Flüssigkeitsmenge auf die Zentrifuge brachte, sondern nur den nach dem Abgießen übrigbleibenden Rest von etwa 25 bis 30ccm, in dem sich die Hauptmasse des Niederschlages suspendiert befindet. Da jedoch, wo es sich um die Untersuchung der bereits von der Hauptmasse der Keime befreiten Flüssigkeit handelte, wo also eine zweite Fällung mit Eisenoxychlorid vorgenommen werden sollte, mußten diese von der ersten Fällung herrührenden, relativ keimreichen Eisenflöckchen verhältnismäßig stark ins Gewicht fallen und das Ergebnis der Fällung ungünstiger erscheinen lassen, als es tatsächlich ist. Aus diesem Grunde habe ich daher bei meinen Versuchen, die Leistungsfähigkeit der Methode zu ermitteln, die anscheinend klare Flüssigkeit stets vor der neuerlichen Fällung in toto zentrifugiert, um auch diese kleinen zurückgebliebenen Eisenflöckchen zur Abscheidung zu bringen. Ich tat dies besonders mit Rücksicht auf die Erfahrungen O. Müllers, der ja auch, wie bereits erwähnt, bei Anwendung der Zen-

trifuge eine weit bessere Bakterienausbeute im Niederschlag erhalten hatte — nämlich 97 bis 98% — als ohne Zentrifuge.

Da es mir nun recht naheliegend erschien, daß dieser Unterschied unserer Versuchsanordnung, der in der Verwendung der Zentrifuge meinerseits gelegen war, bestimmend für den verschiedenen Ausfall unserer Fällungsresultate gewesen sein könnte und das ungünstigere Ergebnis Hesses zu erklären imstande sein könnte, so habe ich eine Reihe von Versuchen unternommen, die diese Frage entscheiden sollten.

Ich habe zu diesem Zwecke Kölbchen, die je 100 ccm sterilen Leitungswassers enthielten, mit einem oder einigen Tropfen 24stündiger Kolibouillonkultur infiziert, durch Übertragung eines aliquoten Teiles dieses Gemisches auf ein nächstes Kölbchen und von diesem auf ein weiteres usf. verschiedene Verdünnungen hergestellt und von diesen Verdünnungen dann einerseits Platten gegossen, um die Aussaatgröße zu bestimmen, anderseits aber Fällungsversuche angestellt. Nach Abzentrifugieren des entstandenen Niederschlags, der bereits begann, sich spontan zu Boden zu senken, wurden dann auch von der klaren Flüssigkeit Gelatineplatten gegossen. Die Aussaatgröße wurde aus den Keimzahlen mindestens zweier Verdünnungen berechnet, die übrigens fast stets gute Übereinstimmung untereinander zeigten. Das Ergebnis dieser Versuche ist in der Tabelle auf S. 70 zusammengestellt.

Wie man sieht, ist dasselbe günstiger gewesen, als Hesse bei seinen Versuchen ohne Zentrifuge gefunden hatte. Im Mittel waren nämlich 96,3% der Kolikeime durch den Eisenniederschlag niedergerissen worden. Das beobachtete Maximum betrug 99,7%, das Minimum 91,5%. — Immerhin war aber die Fällung bei dieser Versuchsanordnung eine etwas weniger vollständige, als ich in meiner ersten Arbeit angenommen hatte, und man wird diesen Unterschied wohl auf den veränderten Prüfungsmodus zurückführen dürfen, der, wie bereits bemerkt, tatsächlich der „Kontrolle der Methode durch sich selbst“ vorzuziehen sein dürfte. Bemerkenswert ist

Keimzahlen.

Aussaat pro ccm	Nach der Fällung pro ccm	% der Bakterien nicht gefällt	% der Bakterien gefällt
127	9	7,1	92,9
2 667	192	7,2	92,8
56 007	1 100	1,9	98,1
515	14	2,7	97,3
10 227	378	3,6	96,4
214 700	5 770	2,6	97,4
578	10	1,7	98,3
410	35	8,5	91,5
8 610	326	2,7	97,3
180 800	786	0,4	99,6
3 797 000	12 600	0,3	99,7
686	57	8,3	91,7
14 406	617	4,3	95,7
6 900	359	5,2	94,8
144 900	2 830	1,9	98,1
3 042 900	26 300	0,8	99,2
	Mittel:	3,7 %	96,3 %

übrigens, daß die gewonnene Mittelzahl von 96% nur wenig von den Ergebnissen abweicht, die O. Müller bei Verwendung der Zentrifuge zu verzeichnen gehabt hatte. — Daß der Fällungsverlust von durchschnittlich 4%, in maximo von 8,5% der Bakterien bei der Wasseruntersuchung gar keine Rolle spielt, und der Verwendbarkeit der Methode nicht im Wege steht, ist wohl zweifellos, und wird auch von Hesse zugegeben.

III.

Eine Reihe weiterer Bemängelungen, die Hesse gegen die Fällungsmethode vorbringt, beziehen sich auf Störungen, die durch das gelegentliche Auftreten von Gasbläschen bedingt sind, durch welche der Eisenniederschlag verhindert wird, sich zu Boden zu setzen. Auch ich habe dieser Störungen bereits in meiner ersten Mitteilung gedacht und habe hervorgehoben, daß es durch Schwenken des Meßzylinders gewöhnlich gelingt, den an der Oberfläche des Meßzylinders haftenden Niederschlag zum Absetzen zu bringen. Dagegen hat sich ein „energisches Auf-

stoßen der Zylinder auf eine harte Unterfläche" mir ebensowenig bewährt, wie Hesse.

Um übrigens das Abgießen der Flüssigkeit vom Niederschlag zu vermeiden, habe ich eine kleine Modifikation der Methode angebracht, bei der die Fällung direkt in dem Zentrifugiergefäß vorgenommen wird und bei der man daher unabhängig davon ist, ob sich der Niederschlag zu Boden setzt oder in die Höhe steigt. Hat sich die Trennung des Niederschlags von der Flüssigkeit vollzogen, so wird in toto im Wasserbad gefärbt, wobei die Gasbläschen, die den Eisenniederschlag schwebend erhalten hatten, entweichen und die Sedimentierung des Niederschlags beim Zentrifugieren ohne Schwierigkeit gelingt. —

Ein Mißglücken der Färbung in dem Sinne, daß statt des braunen schlammigen Eisenniederschlags bröckelige, intensiv gefärbte schollige Massen erhalten wurden, die sich auf dem Objektträger nicht gleichmäßig verteilen ließen und unter dem Mikroskop fast schwarz erscheinen, habe ich, wie auch Hesse, nur bei hochgradigst verunreinigten, an organischen Substanzen sehr reichen Wässern beobachtet[1]). Da jedoch solche Wässer zum Zwecke der mikroskopischen Keimzählung unter allen Umständen mit keimarmen Wasser zu verdünnen sind, ehe die Eisenfällung vorgenommen wird, und da hierdurch die gedachte Störung vermieden wird, so kommt derselben wohl keine praktische Bedeutung zu.

IV.

Zusammenfassung.

1. Die Fällung der Wasserbakterien mit Eisenoxychlorid ergab, bei Verwendung der Zentrifuge, eine durchschnittliche Ausbeute von 96,3%; das Minimum betrug 91,5%, das Maximum 99,7%.

---

1) Auch bei sehr salzreichem Wasser — Seewasser — habe ich ähnliche Störungen gesehen, das jedoch bei der Trinkwasseruntersuchung natürlich nicht in Betracht kommt.

2. Die mikroskopische Zählung kann nur unter fortwährender Verwendung der Mikrometerschraube erfolgen; Zählungen der nur in einer Ebene des Gesichtsfeldes liegenden Bakterien sind nicht verwertbar. Es muß vielmehr die ganze Dicke des angetrockneten Eisenniederschlages durchmustert werden.

3. Bei der Zählung sind nur scharfkonturierte zweifellose Bakterien zu berücksichtigen. Gebilde, über deren Natur man sich nicht klar werden kann, sind zu vernachlässigen. Die Zählung wird durch Verwendung eines stärkeren Okulars — Zeiß, Okular 4 – und eines Okularnetzes, auch bei Anwesenheit weniger Bakterien im Gesichtsfeld, sehr erleichtert.

4. Parallelzählungen, die durch zwei voneinander unabhängige Personen an denselben mikroskopischen Präparaten vorgenommen wurden, ergaben bei 32 verschiedenen Wasserproben eine mittlere Abweichung von **6,4%**; die maximale Abweichung betrug 20%. Differenzen von über 15% wurden nur dreimal, d. i. in 9,3% der Fälle, beobachtet.

5. Schwierigkeiten der Zählung ergaben sich nur bei solchen Wässern, die bei relativer Keimarmut so reich an sich färbenden suspendierten Teilchen, pflanzlichem Detritus, Lehmpartikelchen u. dgl. waren, daß es nicht möglich war, die Störung durch Verdünnung des Wassers auszuschalten. Freilich werden solche stark getrübte Wässer zu Trinkzwecken kaum jemals Verwendung finden, so daß sie also auch nicht in das Bereich unserer Schnellmethode der bakteriologischen Wasseruntersuchung fallen werden.

Auf Grund dieser Versuche glaube ich, daß die Methode hinreichend quantitativ arbeitet, um den praktischen Bedürfnissen der bakteriologischen Wasseruntersuchung Genüge zu leisten. Allzustrenge Anforderungen in dieser Richtung zu stellen, wäre wohl mit Rücksicht darauf, daß auch die anderen Methoden — z. B. die Gelatineplattenmethode — keineswegs immer gleichmäßige Resultate

liefern, als unbillig zu bezeichnen. Ich möchte hier nur daran erinnern, daß Bolton bereits vor langer Zeit auf die großen Differenzen hingewiesen hat, die bei der Untersuchung mancher Wässer mit der Gelatineplattenmethode auftreten können, Differenzen, die unter Umständen sogar 100% und mehr betragen können. Nach Bolton ist die Ursache hiervon in der Art der Verteilung der Bakterien in solchen Wässern zu suchen. „Sobald nämlich neben isolierten Individuen zahlreichere größere Verbände von Bakterien in einem Wasser enthalten sind, wird es namentlich leicht zu einer ungleichen Verteilung kommen, weil die letzteren größere Neigung haben, sich an den Wandungen und am Boden des Gefäßes abzusetzen, weil ferner die Verbände beim Mischen mit der Nährgelatine in regellosem Wechsel bald in zahlreiche kleinere Gruppen zerfallen, bald dagegen zähe zusammenhalten werden, so daß die Zahl der in einer Probe enthaltenen und je einer Kolonie zugrunde liegenden Individuen und Gruppen völlig dem Zufall anheimgegeben ist."

Es ist übrigens leicht einzusehen, daß gerade die letztere Fehlerquelle, die den kulturellen Methoden der Wasseruntersuchung gemeinsam ist, bei der mikroskopischen Keimzählung so gut wie vollkommen wegfällt, da diese ja gestattet, die einzelnen Bakterienhäufchen in ihre Elemente aufzulösen. —

Zum Schlusse soll hier noch die Methodik meines Verfahrens, soweit sich Abänderungen ergeben haben, in Kürze geschildert sein.

Wie bereits erwähnt, nehme ich die Fällung, Färbung und Ausschleuderung der Bakterien nunmehr in demselben Gefäße vor, das genau so gebaut ist, wie die in meiner ersten Arbeit beschriebene „Zentrifugiereprouvette". Nur sind die Dimensionen ein wenig andere: die Eprouvette ist — mit ihrer röhrenförmigen Verlängerung — 15 cm lang; die lichte Weite beträgt am oberen, weiteren Ende ca. 2,5 cm, am unteren, ausgezogenen 6 bis 7 mm. Über dieses untere Ende ist ein Stück Schlauch gezogen, in dessen Lumen das kleine, zur Aufnahme des Niederschlags bestimmte

Gläschen von etwa 8 bis 9 mm Weite hineingesteckt wird. Dieses Gläschen trägt eine Marke bei ¼, ½, ¾ und 1 Kubikzentimeter. Zur Vornahme der Fällung werden nun 25 ccm des Wassers in einem Meßzylinder mit einem Tropfen liquor ferri oxychlorati versetzt und sofort in das Zentrifugierröhrchen umgeleert, das dann ruhig sich selbst überlassen bleibt, bis sich der Eisenniederschlag abgesetzt hat. Hierauf werden 4 Tropfen der konzentriert alkoholischen Gentianaviolettlösung zugesetzt, das Ganze im kochenden Wasserbade 1 bis 2 Minuten erhitzt und zentrifugiert. Nach Abgießen des größten Teiles der obenstehenden Flüssigkeit wird das graduierte Gläschen herausgenommen, dessen Inhalt bis zur Marke ½ mit Hilfe einer Kapillarpipette abgesogen und dann der Niederschlag in der in meiner ersten Mitteilung beschriebenen Weise durchgemischt. — Soll, wie ich dies jetzt bevorzuge, nicht mit dem Okular II sondern mit dem stärkeren N IV gezählt werden, so muß die Menge des Niederschlags, die auf den Objektträger gebracht wird, anders bemessen werden. Ich lasse aus der in $^1/_{100}$ geteilten Pipette **0,057 ccm** ausfließen; damit diese etwas größere Flüssigkeitsmenge nicht über den Rand des Quadrates überfließt, benutze ich Objektträger, auf denen die Ränder bzw. Konturen des Quadrates mit 1 cm Seitenlänge ziemlich tief eingeritzt sind.

Die mikroskopische Beobachtung erfolgt bei einer solchen Stellung des Tubus, daß die Durchmesser des Gesichtsfeldes gerade 15 Teilstriche des Objektmikrometers, = 0,15 mm, beträgt. Das Gesichtsfeld hat dann eine Größe von 0,000176 qcm und 1 qcm, die bestrichene Fläche des Objektträgers enthält 5681 oder rund 5700 solche Gesichtsfelder. Ist dann a die Zahl der im Gesichtsfeld enthaltenen Keime, so ist 5700 a die Gesamtzahl der auf dem Objektträger befindlichen Bakterien, die in 0,057 ccm des Niederschlags enthalten waren. Die Gesamtmenge des letzteren — 0,5 ccm — enthält dann $\frac{5700\,a}{0,057} \cdot 0,5 = 50000\,a$ Bakterien, und da dieser Niederschlag aus 25 ccm Wasser stammt, so ist die in 1 ccm Wasser enthaltene Bakterienmenge 2000 a; die Zahl der im Gesichtsfeld enthaltenen Keime ist also

mit 2000 zu multiplizieren. — Um übrigens von der Abmessung der Niederschlagsmenge unabhängig zu sein, habe ich gelegentlich auch eine Anordnung der Versuche getroffen, bei welcher der gesamte Niederschlag auf den Objektträger gebracht werden kann. Ich benutzte dazu ganz kleine Zentrifugiereprouvetten des beschriebenen Typus, die man sich aus gewöhnlichen Reagenzgläsern leicht herstellen kann. Zur Aufnahme des Niederschlags diente ein enges, an einem Ende ausgezogenes und abgeschmolzenes Glasröhrchen; nach dem Zentrifugieren und Absaugen der überschüssigen Wassermenge mittels einer feinen Kapillare wurde die Spitze des kleinen Glasröhrchens abgebrochen und der Niederschlag einfach auf den Objektträger ausgeblasen; die Durchmischung desselben muß dann auf dem Objektträger erfolgen. Die bei dieser Versuchsanordnung benutzte Wassermenge beträgt 2,8 ccm; zur Fällung dienen 3 Tropfen 20facher Verdünnung des liquor ferri oxychlorati mit keimarmem Wasser.

Chlor-Xylenol-Sapokresol („Sagrotan") ein neues Desinfektionsmittel.

Von
Prof. Dr. **Max Schottelius,** Freiburg i. Br.

(Bei der Redaktion eingegangen am 5. Januar 1914.)

Auf dem Wege, den Robert Koch in seiner klassischen Arbeit „Über die Desinfektion" vorgezeichnet hat, konnte eine weitere Steigerung der Wirksamkeit chemischer Desinfektionsmittel durch Verwendung hochsubstituierter Phenole erwartet werden. Koch weist bereits im Jahre 1881 nach, daß der Eintritt von Alkylgruppen in das Phenolmolekül die baktericide Wirkung der Phenole erhöht.

Von dieser Beobachtung macht das Dammannsche Lysolpatent vom Jahre 1889 Gebrauch und erzielt damit ein Desinfektionsmittel von höherer Wirkung und von geringerer Giftigkeit als die bis dahin allgemein benutzte Karbolsäure, nämlich das Lysol.

In derselben Patentschrift wird bereits darauf hingewiesen, daß es möglich ist, die Wirkung der methylierten Phenole noch weiter zu steigern durch die Einführung der Halogenatome. Es heißt an der betreffenden Stelle wörtlich:

> „Spezielle Versuche ergaben weiter, daß man in die nach dem beschriebenen Verfahren darzustellenden Präparate Halogene einführen kann, welche die desinfizierenden bzw. konservierenden Eigenschaften der Teeröle wesentlich erhöhen, und daß man auch nach Einführung der Halogene mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens vollständig wasserlösliche Präparate erhalten kann."

Das ist von einer gewissen historischen Bedeutung, indem damit die Priorität der Verwendbarkeit dieser Verbindungen als Desinfektionsmittel festgestellt wird.

Im Jahre 1906 erschien dann Bechholds und Ehrlichs systematische Arbeit über die Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und Desinfektionswirkung[1]), in welcher als allgemeine Regel ausgesprochen wurde, daß die Desinfektionskraft der Phenole durch Einführung von Halogenatomen erhöht wird, und zwar wächst die Desinfektionskraft mit der Zahl der Halogenatome, während die Giftigkeit zunächst sinkt, bei höherer Anzahl der Halogenatome aber wieder ansteigt. Außerdem zeigt sich, daß die Giftwirkung des Halogens durch die Einführung einer Methylgruppe kompensiert wird, eine Beobachtung, die mit Robert Kochs Voraussetzungen wohl übereinstimmt.

Durch die sorgfältigen Untersuchungen Laubenheimers[2]) wurde die allgemeine Gesetzmäßigkeit der Beziehungen der halogenierten Phenole zu den Bakterien aufs neue bestätigt. Dabei stellte Laubenheimer auch für verschiedene Xylenole eine hohe bakterientötende Kraft fest.

Es war daher zu erwarten, daß durch Einführung von Halogen in das Xylenolmolekül eine weitere Steigerung der Desinfektionswirkung bei gleichzeitiger Herabminderung der Giftigkeit sich ergeben würde. Tatsächlich wurde auf dem 8. Internationalen Kongreß für angewandte Chemie in New-York von Raschig ein chloriertes Xylenol vorgeführt, an welchem ganz hervorragende bakterientötende Eigenschaften festgestellt werden konnten.[3])

Der Verarbeitung derartiger Substanzen zu Desinfektionsmitteln stellten sich aber insofern Schwierigkeiten entgegen, als es nicht gelang, nennenswerte Mengen derselben nach den üblichen Methoden in wasserlöslicher Form herzustellen.

Hier setzt nun eine außerordentlich interessante Beobachtung ein, welche bei Prüfung eines Gemisches von Chlorxylenol und

1) Zeitschr. für physiolog. Chemie 1906 S. 173.
2) Laubenheimer, Phenol und seine Derivate, Berlin 1909.
3) Zeitschr. für angewandte Chemie 1912 S. 1944.

Chlorkresol gemacht wurde, daß nämlich die Desinfektionskraft eines solchen Gemisches nicht gleich der Summe der Kräfte der Komponenten ist, sondern um etwa 100% gesteigert wird.[1]) Diese Beobachtung ermöglicht es, mit verhältnismäßig sehr geringen Mengen des wirksamen Agens hochwirksame und dabei wasserlösliche Desinfektionsmittel herzustellen. Besonders wertvolle Präparate werden erhalten, wenn man Chlorxylenol in Seifen löst und mit einer Lösung der von mir früher beschriebenen komplexen Alkaliverbindungen von Chlorkresol — dem Grotan — versetzt.

In meiner Mitteilung über Chlor-Kresol-Tabletten „Grotan"[2]) hatte ich darauf hingewiesen, daß gleichzeitig mit diesem Desinfektionsmittel eine Reihe flüssiger Chlorkresol-Seifenpräparate untersucht wurden, die zu der Hoffnung berechtigten, aus den neuen Chlorkresol-Verbindungen ein geruchloses Lysol zu gewinnen.

Diese Untersuchungen wurden inzwischen fortgesetzt und haben zu dem Ergebnis geführt, daß ein unter dem Namen „Sagrotan" von der Firma Schülke & Mayr in den Handel gebrachtes Präparat für praktische Desinfektionszwecke empfohlen werden kann.

Wenn es möglich ist, mit ganz kleinen Mengen einer an sich schon wenig giftigen Substanz stark wirksame Desinfektionsmittel herzustellen, so gelangt man auf diesem Wege zu Präparaten, die bei hoher bakterizider Kraft praktisch als ungiftig bezeichnet werden können. Ein solches Präparat ist das „Sagrotan"; dasselbe hat außerdem den Vorzug, nahezu geruchlos zu sein und ermöglicht schon in einer geringen Konzentration eine sichere und ungefährliche Desinfektion.

---

1) D. R. P. Anm. Desinfektionsmittel F. 35 865, Sch. 44 677. Sch. 45 121.

2) Münch. med. Wochenschzift 1912, Nr. 49.

Anmerkung: Zu Beginn seines im Verein Freiburger Ärzte über das Sagrotan gehaltenen Vortrags nahm Verfasser innerlich 15 g Sagrotan in 6 Gelatine-Kapseln zu je 2,5 g und hielt seinen rechten Vorderarm etwa 40 Minuten lang eingetaucht in eine 10% ige Sagrotanlösung, ohne daß danach irgendwelche subjektiv oder objektiv wahrnehmbare Reaktionen eintraten.

Über die Beurteilung der Methoden, welche zur Prüfung von Desinfektionsmitteln in Frage kommen, möchte ich eine kurze Bemerkung vorausschicken und feststellen, daß es leider kein einheitliches Maß zur Beurteilung der Wirksamkeit von Desinfektionsmitteln gibt. Dem Versuch, ein solches Maß zu finden, stellen sich unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen; denn je nach der Art ihrer Beziehungen zu den Bakterien müssen die verschiedenen Gruppen der Desinfektionsmittel getrennt beurteilt werden. Sublimat, Kresole, Formaldehyd und Kalkmilch sind nicht einheitlich meßbar. Unter Bedingungen, unter denen eines dieser Desinfektionsmittel wirkt, versagt das andere bei gleichem bakteriellem Testobjekt.

Gleiche bakterielle Testobjekte sind aber mit wissenschaftlich einwandfreier Sicherheit nicht zu beschaffen. Bedient man sich der Reinkulturen, so hängt deren Widerstandskraft gegen Desinfektionsmittel nicht nur von der chemischen Zusammensetzung des Nährbodens, von dem Alter und der Anzahl der Übertragungen der Kulturen ab, sondern schon die Individuen des Ausgangsmaterials — die einzelnen Bakterien — sind ungleich in ihrer Lebenskraft und in ihren übrigen unkontrollierbaren biologischen Eigenschaften.

Benützt man aber, um den unmittelbaren praktischen Bedürfnissen möglichst nahe zu kommen, infektiöses Bakterienmaterial, wie es von Natur sich findet: Eiter, Auswurf, Dejektion, so verarbeitet man zwar die zur Desinfektion praktisch in Frage kommenden Objekte, aber die quantitative und qualitative Zusammensetzung des Substrates, in welchem die Bakterien sich befinden — der Eiweißgehalt des Eiters, der Schleimgehalt des Auswurfs, der Wassergehalt der Dejektionen — bedingen Verschiedenheiten in der Wirkung der Desinfektionsmittel.

Es erscheint also ausgeschlossen, daß jemals eine einfache unter allen Bedingungen anwendbare Methode gefunden wird, mit der man die Desinfektionsmittel untereinander vergleichen und ihre Wirkung auf Bakterien einheitlich messen kann.

Daher habe ich mich für diesen Fall, bei dem es sich ausschließlich um die Beurteilung von Kresolpräparaten handelt, entschlossen, die gleiche Methode zu benutzen, welche ich bei der Be-

sprechung des „Grotans“ l. c. eingehend beschrieben habe. Die Methode hat jedenfalls den Vorzug, daß deren Ergebnisse leicht auf ihre Richtigkeit kontrolliert werden können, und daß ihre Anwendung den praktischen Bedürfnissen auf Vernichtung der Krankheitserreger in den Ausscheidungen entspricht.

Es ist gewiß erfreulich, daß die Ansprüche an wissenschaftlich einwandfreie Methoden der Prüfung von Desinfektionsmitteln immer mehr gesteigert werden, so daß wir uns dem idealen Ziele nähern, für jede Bakterienart unter allen Bedingungen das am besten geeignete Desinfektionsmittel in geeigneter Menge und Form zu finden. Wird doch auf diesem Wege die Möglichkeit eröffnet, eine spezifische Schädigung der Bakterien auch im Innern des Körpers zu bewirken, ohne die Körperzellen selbst schädigend zu beeinflussen. Gerade die bedeutungsvollen Arbeiten von Ehrlich und Bechhold l. c., auf deren Boden auch das Sagrotan entstanden ist, setzen sich ja das Studium der „inneren Antisepsis“ zum Ziel. Aber man doch nicht verkennen, daß neben diesen rein wissenschaftlichen Wegen der Prüfung von Desinfektionsmitteln noch die Möglichkeit offen gehalten werden muß, den unmittelbaren praktischen Zwecken durch einfache, leicht kontrollierbare Methoden entgegenzukommen. Der praktische Zweck der Desinfektion bleibt doch immer die sichere und rasche Vernichtung der Krankheitsstoffe in Dejektion, im Auswurf und in den Wundsekreten am Körper und außerhalb des Körpers. Dieses Ziel läßt sich auf einfacheren Wegen erreichen als mit den rein wissenschaftlich so feinen und wertvollen Methoden wie dieselben von Bechhold, Reichel, Reichenbach u. a. beschrieben sind. Sogar die von Paul und Krönig angegebene für manche Zwecke vorzügliche Methode des Antrocknens der Bakterien an Granaten leidet an dem Umstande, daß viele Bakterienarten (Choleravibrionen, Typhusbazillen, Diphtheriebazillen, Streptokokken) schon durch das Antrocknen an die Granaten derartig geschädigt, teilweise sogar vernichtet werden, daß die Wirkung des Desinficiens dadurch verdunkelt wird. So bin ich denn bei den folgenden Untersuchungen auf dem Wege geblieben, den ich a. a. O. eingehend beschrieben habe.

Robert Koch ging in seiner Arbeit „Über Desinfektion“ bekanntlich zu einer Zeit, zu der erst verhältnismäßig wenige Bakterienarten als Krankheitserreger bekannt waren, von der Anschauung aus, daß die Sporen von Milzbrandbazillen, als die widerstandsfähigsten lebendigen Bestandteile niederer Organismen, ein geeignetes Testobjekt zur Prüfung der Desinfektionsmittel seien. Später zeigte von Esmarch[1]), daß die Milzbrandsporen je nach ihrer Herkunft außerordentlich verschieden sind in ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Desinfektionsmitteln, und C. Fränkel[2]) machte den Vorschlag, die zur Prüfung eines Desinfektionsmittels benutzten Milzbrandsporen mit einer 5% igen Phenollösung zu vergleichen und je nach dem Grad der Widerstandsfähigkeit die Milzbrandsporen in Resistenz-Gruppen einzuteilen. Solche Milzbrandsporen, welche länger als 40 Tage in einer 5% igen Phenollösung keimfähig bleiben, sind nach Fränkel als „äußerst widerstandsfähig“ zu bezeichnen.

Diese Erfahrungen scheinen inzwischen in Vergessenheit geraten zu sein, denn noch jetzt werden vielfach Milzbrandsporen als Testobjekt zur Prüfung benutzt, ohne daß eine vergleichende Prüfung über den Grad der Widerstandsfähigkeit Auskunft gibt. Ob überhaupt Milzbrandsporen ein geeignetes Testobjekt zur Prüfung von Desinfektionsmitteln sind, erscheint fraglich, nachdem die außerordentlich große Inkonstanz derselben erwiesen ist und nachdem wir wissen, daß alle für die menschlichen Infektionskrankheiten in Frage kommenden Bakterien überhaupt keine Sporen bilden und in ihren vegetativen Formen sehr viel weniger widerstandsfähig sind als die schwächsten Milzbrandsporen.

Immerhin erschien es mir wünschenswert, bei der Prüfung des „Sagrotans“ eine größere Anzahl von Milzbrandstämmen verschiedener Herkunft in ihrem Verhalten gegenüber dem Sagrotan und mit einer 5% igen Phenollösung zu vergleichen. Sämtliche Milzbrandstämme wurden zunächst auf ihre Lebensfähigkeit durch das Kulturverfahren und auf ihre Virulenz durch den Tierversuch an Meerschweinchen geprüft. Es zeigte sich, daß nach Infektion

1) Zeitschr. für Hygiene 1889 Bd. V S. 67.
2) Zeitschr. für Hygiene 1889 Bd. VI S. 521.

mit minimalen Dosen die Meerschweinchen am 3. bis 5. Tage an typischem Milzbrand eingingen, und daß auf den Kulturplatten die bekannten charakteristischen Milzbrandkolonien sich entwickelten. Zu den nachfolgenden Untersuchungen wurden sowohl an Seidenfäden angetrocknete Milzbrandsporen der verschiedenen Stämme verwendet als auch nach der Krönig-Paulschen, von Laubenheimer modifizierten Methode an Granaten angetrocknete Sporen aus wäßrigen Aufschwemmungen benutzt.

Es wurden im ganzen 28 Stämme untersucht, welche mir in dankenswerter Weise vom Kaiserlichen Gesundheitsamt in Berlin, vom serotherapeutischen Institut der Universität Wien, vom Institut Pasteur in Paris sowie von anderen Instituten mit Angabe über Herkunft und Alter des Stammes zur Verfügung gestellt waren.

Verzeichnis der Milzbrand-Stämme, welche zur Untersuchung der Widerstandsfähigkeit ihrer Sporen gegenüber „Sagrotan" und Phenol geprüft wurden.

1. Tierhygienisches Institut Freiburg i. B. Prof. Schlegel.
2. Milzbrand vom 6. Dezember 1912 direkt aus dem Blut einer an Milzbrand verendeten Kuh in Löffingen.
3. Milzbrand. 3 Jahre alter Stamm vom Rind halbjährlich auf Mäuse verimpft, das letzte Mal am 26. September 1912.
4. Kaiserliches Gesundheitsamt Berlin:
   Milzbrand, gezeichnet Mi. Or., aus der Haut eines an Milzbrand eingegangenen Rindes. 1912.
4. Kaiserliches Gesundheitsamt in Berlin:
   Milzbrand, gezeichnet Mi. Nr. 1, aus der Haut eines an Milzbrand eingegangenen Rindes. 1912.
5. Kaiserliches Gesundheitsamt in Berlin:
   Milzbrand, gezeichnet Mi. W. aus der Haut eines an Milzbrand eingegangenen Rindes. 1912.
7. Kaiserliches Gesundheitsamt in Berlin:
   Milzbrand, gezeichnet Mi. B. aus der Haut eines an Milzbrand eingegangenen Rindes. 1912.
8. Kaiserliches Gesundheitsamt in Berlin:
   Milzbrand, gezeichnet Mi. Nr. 2, aus der Haut eines an Milzbrand eingegangenen Rindes. 1912.
9. Kaiserliches Gesundheitsamt in Berlin:
   Milzbrand, gezeichnet Mi. Nr. 3, aus der Haut eines an Milzbrand eingegangenen Rindes. 1912.
10. Serotherapeutisches Institut der K. K. Universität Wien:
   Milzbrand, gezeichnet „Sternberg".

11. Serotherapeutisches Institut der K. K. Universität Wien:
    Milzbrand, gezeichnet „Passage".
12. Serotherapeutisches Institut der K. K. Universität Wien:
    Milzbrand, gezeichnet „Doerr".
13. Serotherapeutisches Institut der K. K. Universität Wien:
    Milzbrand, gezeichnet „Tierspital".
14. Serotherapeutisches Institut der K. K. Universität Wien:
    Milzbrand, gezeichnet „Prosektur".
15. Serotherapeutisches Institut der K. K. Universität Wien:
    Milzbrand, gezeichnet „Mensch Pollak".
16. Institut Pasteur, Paris:
    Milzbrand, gezeichnet „Charbon 1 direkt H_2".
17. Institut Pasteur, Paris:
    Milzbrand, gezeichnet „Charbon Es".
18. Institut Pasteur, Paris:
    Milzbrand, gezeichnet „Charbon Cobaye II".
19. Institut Pasteur, Paris:
    Milzbrand, gezeichnet „Charbon Cobaye I".
20. Institut Pasteur, Paris:
    Milzbrand, gezeichnet „Charbon A^e".
21. Institut Pasteur, Paris:
    Milzbrand, gezeichnet „Charbon I direkt H".
22. Bakteriologisches Institut der Stadt Köln. Prof. Czaplewski.
    Milzbrand, gezeichnet „Anthrax Berlin 11. 4. 13.".
23. Bakteriologisches Institut der Stadt Köln:
    Milzbrand, gezeichnet „Anthrax Solingen 11. 4. 13.".
24. Bakteriologisches Institut der Stadt Köln:
    Milzbrand, gezeichnet „Anthrax Köln 11. 4. 13.".
25. Eigene Milzbrandstämme des Hygienischen Inrtituts Freiburg i. B.
    Milzbrand, gezeichnet „Rind Nr. 1, Übertragung 1908".
26. Eigene Milzbrandstämme des Hygienischen Instituts Freiburg i. B.
    Milzbrand, gezeichnet „Rind Nr. 2, Übertragung 1910."
27. Eigene Milzbrandstämme des Hygienischen Instituts Freiburg i. B.
    Milzbrand, gezeichnet „Mensch, Übertragung 1910".
28. Eigene Milzbrandstämme des Hygienischen Instituts Freiburg i. B.
    Milzbrand, gezeichnet „Kuh, Übertragung 1908".
29. Eigene Milzbrandstämme des Hygienischen Instituts Freiburg i. B.
    Milzbrand, gezeichnet „Schlachthaus 1906".

Die bakteriologische Untersuchung der Milzbrandsporen nach der Einwirkung der Desinfektionsmittel wurde durch das Kulturverfahren und nicht durch Tierexperiment festgestellt, da eine zu große Anzahl von Versuchstieren erforderlich gewesen wäre, um den Virulenznachweis zu führen. Aus den Schalen, in denen sich die Milzbrandsporen an Seidenfäden und an Granaten — je 12 Seidenfäden und 12 Granaten für jeden Milzbrandstamm — befanden, wurden jeweils nach Ablauf der Untersuchungszeit die Testobjekte

Desinfektionsversuche an Milzbrandsporen.

März—April 1913.

Milzbrandstamm	Sagrotan 2%					Phenollösung 5%										
	Zeit der Einwirkung in Stunden					Zeit der Einwirkung in Stunden				in Tagen						
	2	4	6	12	24	2	4	6	12	1	2	4	8	14	21	28
1	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
2	+	+	+	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
3	+	—	—	—	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
4	+	+	+	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
5	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
7	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
8	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
9	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
11	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
14	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—
15	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
16	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
18	+	+	+	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
19	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
21	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
22	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
23	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
24	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
26	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
27	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
28	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—

herausgenommen, in destilliertem Wasser mehrfach gründlich abgespült und dann in ein Reagenzgläschen mit 10 ccm steriler Nährbouillon überführt, im Brutkasten bei 37° fünf Tage lang beobachtet. Zeigte sich nach dieser Zeit die Bouillon getrübt und bei mikroskopischer Untersuchung mit Milzbrandbazillen durchwachsen, so wurde die Rubrik in der Liste mit „+“ bezeichnet, war die Bouillon klar geblieben, so wurde ein „—“ eingeschrieben. An Stichproben kontrollierte ich durch Einsaat frischer Milzbrandbazillen, daß in dem klar gebliebenen Röhrchen nicht etwa Spuren des Desinfektionsmittels entwicklungshemmend gewirkt hatten.

Das Ergebnis dieser Versuche läßt sich demnach dahin zusammenfassen, daß eine 2% ige Sagrotanlösung die widerstandskräftigsten Milzbrandsporen der untersuchten Stämme nach 24-stündiger Einwirkung abtötet, während die 5% ige Phenollösung bei den gleichen Stämmen noch nach 28 Tagen lebensfähige Keime zurückgelassen hatte. Durchschnittlich wurden die Sporen von einer 2% igen Sagrotanlösung nach 6 Stunden vernichtet.

Die Tabelle zeigt überdies die großen Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit der einzelnen Milzbrandstämme unter einander gegen beide Desinfektionsmittel. Die Gründe dafür liegen teils in dem verschiedenen Alter der Kulturen, teils in der verschiedenen Abstammung, teils in der vorgenommenen oder nicht vorgenommenen Tierpassage, teils in anderen nicht näher definierbaren Ursachen.

Jedenfalls zeigt sich die enorme Überlegenheit der Chlor-Xylenol-Kresole als Desinfektionsmittel, anderseits aber auch erneut die Tatsache, daß Milzbrandsporen kein geeignetes Vergleichsobjekt zur Prüfung von Desinfektionsmitteln sind, wenn ihre Widerstandsfähigkeit nicht jedesmal kontrolliert wird.

Dagegen muß immer wieder daran erinnert werden, daß Auswurf, Dejektion und Wundsekrete die Materialien sind, welche als Krankheitserreger unschädlich gemacht werden müssen. Gegen diese müssen die praktischen Maßnahmen sich richten und ebenso die Versuche zur Prüfung von Desinfektionsmitteln. Über den Ausfall vergleichender Desinfektionsversuche mit Sagrotan, Lysol und Liquor Kresoli saponatus geben die folgenden Tabellen Auskunft:

Eiter: Phlegmone, Streptokokken.

Lösung: 2%	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	+	—	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	—	—	—	—	—

Eiter: Phlegmone, Streptokokken.

Lösung 1%	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	+	—	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	—	—	—	—

Eiter: Phlegmone, Streptokokken.

Lösung: 0,5%	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	+	—	—	—	—	—
Lysol	+	+	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	+	—	—

Eiter (Glutaeal-Abzeß) Staphylokokken.

Lösung 2%	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	+	—	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	—	—	—

Eiter- (Glutaeal-Abzeß) Staphylokokken.

Lösung: 1%	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	+	—	—	—	—	—
Lysol	+	+	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	+	—	—

Eiter- (Glutaeal-Abzeß) Staphylokokken.

Lösung: 0,5%	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	+	+	—	—	—	—
Lysol	+	+	+	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	+	+	—

Staphylokokkus pyogenes aureus-Reinkultur.

Lösung: 2%	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	—	—	—	—	—	—
Liquor Kresol sap.	+	+	+	—	—	—

Staphylococcus pyogenes aureus-Reinkultur.

Lösung: 1%	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	+	—	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	—	—	—

Staphylococcus pyogenes aureus-Reinkultur.

Lösung: 0,5%	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	+	—	—	—	—	—
Lysol	+	+	+	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	+	+	—

Streptokokken-Reinkultur.

Lösung: 2%	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	—	—	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	—	—	—	—

Streptokokken-Reinkultur.

Lösung: 1 %	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	+	+	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	+	—	—

Streptokokken-Reinkultur.

Lösung: 0,5 %	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	+	+	+	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	+	—	—

Typhusdejektion.

Lösung: 2 %	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	+	—	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	—	—	—	—

Typhusdejektion.

Lösung: 1 %	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	+	+	—	—	—	—
Liquor Kres. Sap.	+	+	+	—	—	—

Typhusdejektion.

Lösung: 0,5 %	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	+	—	—	—	—	—
Lysol	+	+	+	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	+	+	—

Typhusbazillen, Reinkultur.

Lösung: 2 %	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	—	—	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	—	—	—	—	—

Typhusbazillen, Reinkultur.

Lösung: 1 %	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	—	—	—	—	—	—
Lysol	—	—	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	—	—	—

Typhusbazillen, Reinkultur.

Lösung: 0,5 %	2'	5'	10'	20'	30'	60'
Sagrotan	+	—	—	—	—	—
Lysol	+	+	—	—	—	—
Liquor Kres. sap.	+	+	+	+	+	—

Es zeigt sich, daß das Sagrotan sowohl dem Lysol als auch dem Liq. Kresol. sapon. an Wirksamkeit überlegen ist, und daß eine 1% ige Lösung des Präparates für alle praktisch in Frage kommenden Zwecke genügt. Bereits nach wenigen Minuten werden alle in den Wundsekreten und in Dejektion vorhandenen Bakterien abgetötet. Die Vernichtung der in Dejektionen enthaltenen Sporen wurde nicht weiter verfolgt, weil dieselben keine praktische Bedeutung haben.

Die Wirkung des Sagrotans auf Tuberkelbazillen wurde in der Weise geprüft, daß stark bazillenhaltiges Sputum, wässerige Aufschwemmung einer Reinkultur der Tuberkelbazillen des Typus humanus und des Typus bovinus (jede Sorte getrennt) mit einer 4% igen Sagrotanlösung zu gleichen Teilen gemischt wurde, so daß also eine 2% ige Sagrotanlösung in Wirkung trat.

Nach Verlauf von 2 Stunden wurden von dem Gemisch je 2 Meerschweinchen und je 2 Kaninchen (im ganzen 6 Meerschweinchen und 6 Kaninchen) 1 ccm des mit dem Sagrotan behandelten tuberkulösen Materials injiziert. Jeweils einem Kaninchen 1 ccm in die Brusthöhle, dem andern in die Bauchhöhle; dem einen Meerschweinchen subkutan unter die Haut der Schenkelbeuge, dem andern intramuskulär in die Rückenmuskulatur.

Zur Kontrolle wurde 3 Meerschweinchen mit dem nicht desinfizierten tuberkelbazillenhaltigen Material infiziert.

Nach Ablauf von 4 Wochen — am 15. und 16. Mai 1913 — wurden die Tiere durch Nackenschlag getötet und obduziert. Es ergab sich, daß die mit desinfiziertem Material behandelten Tiere keine tuberkulösen Veränderungen zeigten, während bei den drei Kontrolltieren an der Infektionsstelle, an den zunächst gelegenen Lymphdrüsen und an inneren Organen ausgesprochene charakteristisch-tuberkulöse Herde gefunden wurden.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß eine 2% ige Sagrotanlösung Tuberkelbazillen im Sputum und in Aufschwemmungen nach zweistündiger Einwirkung mit Sicherheit vernichtet.

Bei den Untersuchungen der physiologisch-toxischen Eigenschaften des Sagrotans ging ich zunächst ebenfalls von einer 2%-igen Lösung des Präparates aus. Die Lösung hat einen leicht

süßlichen Geschmack. In der Mundhöhle kann man dieselbe mehrere Minuten lang ohne besondere Beschwerde vertragen, und eine energische Desinfektion der Mund- und Rachenhöhle durch Spülungen und durch Gurgeln bewirken. Nach dem Gebrauch tritt ein bald verschwindendes Brennen auf; daher dürften sich für diesen Zweck im allgemeinen wohl wesentlich schwächere Lösungen empfehlen.

Auftragen einer 5 bis 10% igen Lösung auf die Innenfläche des Vorderarms mittels durchtränkter und durch Verbandgaze fixierter Verbandwatte löst nach stundenlangem Verweilen auf der Haut und nach mehrmaliger Wiederholung der Auftragung kaum bemerkbare Reizwirkung aus: die 10% ige Lösung hinterläßt nach mehrstündiger Einwirkung eine sehr bald verschwindende Rötung. Eine 1% ige Sakrotanlösung, welche zu raschem Abtöten der Erreger der Wundinfektionskrankheiten völlig ausreichend ist, wird unbegrenzt lange vertragen.

Außerdem wurden 4 Meerschweinchen und 2 Kaninchen auf der rasierten Bauchhaut mit stärkeren Konzentrationen (25% — 50% — 100% —) behandelt; es stellte sich dabei nach Anwendung einer 25% igen Sagrotanlösung Rötung der Haut nach ca. 2 stündiger Einwirkung ein. Verätzung wurde nicht einmal nach Einwirkung der Originalflüssigkeit beobachtet.

Die toxische Wirkung des Sagrotans wurde an Hunden durch Verabreichung des Präparates per os geprüft und mit der Wirkung des offizinellen Liquor Kresoli saponatus verglichen.

Herrn Professor Dr. Schlegel, welcher mir zur Vornahme dieser Versuche sein Institut freundlichst zur Verfügung stellte und bei der Behandlung und Beurteilung der Hunde mit Rat und Tat mir geholfen hat, bin ich zu großem Dank für seine Mitwirkung verpflichtet. Es ist gar nicht so einfach, einem kräftigen, nichtnarkotisiertem Hunde, ohne ihn zu verletzen, eine ihm nicht behagende Flüssigkeit in größerer Menge in den Magen zu bringen. Ein brettartiger starker Knebel, der in der Mitte ein fingerringgroßes Loch zur Einführung der Schlundsonde hat, wird hinter die Fangzähne des Hundes geschoben und dort festgehalten. Der in Tücher eingewickelte Hund wird darauf aufrecht gehoben,

so daß Schlund und Magen in einer geraden Linie gestreckt sind. Dann kann man mit der Schlundsonde den Widerstand der kräftigen oberen Schlundmuskulatur überwinden, bis zum Magen vordringen und nun die Flüssigkeit durch einen auf die obere Öffnung der Sonde gesetzten Trichter einschütten.

Die am 12. April d. J. vorgenommenen Versuche haben zu folgenden Ergebnissen geführt:

1. Kleiner schwarzer Terrier, 9 kg schwer, bekommt 40 g Sagrotan. Pro Kilogramm Körpergewicht 4,5 g.
2. Grauer Wolfspitz, 19 kg schwer, bekommt 100 g Sagrotan. Pro Kilogramm Körpergewicht ca. 5 g.

Beide Hunde zeigen weder unmittelbar nach der Operation noch während der nächsten 4 Tage irgendwelche krankhaften Reaktionen; die Hunde sind lustig, fressen und verhalten sich durchaus normal. Daher werden dieselben am 16. April durch Chloroformierung getötet, um Veränderungen der Magenschleimhaut und der übrigen Organe, welche durch das Sagrotan etwa beeinflußt sein könnten, nicht zu übersehen. Die Sektionen zeigten aber, daß alle Organe gesund sind; an keiner Stelle hat die Verabfolgung von Dosen bis zu 5 g Sagrotan pro kg Körpergewicht irgendwelche Veränderungen hinterlassen. Magen und Darmschleimhaut ist — wie normal — blaßgrau, der obere Teil des Darms enthält halb verdaute Speisereste, der Dickdarm normalen harten Kot.

Am 17. April wurden wieder 2 Hunde innerlich mit Sagrotan behandelt. Operationsmethode wie oben beschrieben.

3. Stichelhaariger Schnauzer, 12 kg schwer, bekommt 80 g Sagrotan. 6,5 g pro kg Körpergewicht.
4. Glatter, großer Bastard, 22 kg schwer, bekommt 150 g Sagrotan. 6,5 g pro kg Körpergewicht.

Die Hunde reagieren auch auf diese Dosen nicht, werden am 22. April getötet. Sektion: alle Organe normal.

Am 15. Mai werden abermals 2 Hunde behandelt.

5. Gelbweißer Collie, 15 kg schwer, bekommt 150 g Sagrotan. 10,0 pro kg Körpergewicht.
6. Schwarzer Pinscher, 10 kg schwer, bekommt 100 g Sagrotan. 10,0 pro kg Körpergewicht.

Die Hunde vertragen auch diese Mengen ohne Reaktion, werden aber bereits am 17. Mai getötet, um eventuelle Veränderungen der Magenschleimhaut und der Nieren nicht zu übersehen. Die Sektionen ergaben, daß auch in diesem Fall keinerlei Veränderungen der sämtlichen ganz gesunden Organe nachzuweisen sind. Die Hunde hatten schon am Tage der Operation ihr Abendfutter wie gewohnt gefressen.

Es steht somit fest, daß von Hunden die enorme Menge von 10 g Sagrotan pro kg Körpergewicht ohne Schädigung des Allgemeinbefindens vertragen wird. Das ist 1% des Körpergewichtes und würde auf einen Menschen von 75 kg Körpergewicht 750 g — ¾ l Sagrotan — betragen. Erfolgreiche Selbstmordversuche, wie dieselben mit dem Lysol vorgekommen sind, dürften beim Sagrotan ausgeschlossen sein.

Am 26. Mai wurden die Kontrollversuche über die Giftigkeit des offizinellen Liquor Kresoli saponatus vorgenommen, und zwar wurden am gleichen Tage 3 Hunde behandelt, von denen der eine 3 g, der zweite 6 g und der dritte 9 g Liq. Kres. sapon. pro kg Körpergewicht nach der beschriebenen Operationsmethode einverleibt bekommt.

1. Ein weißer spitzköpfiger Schäferhund von 12 kg Körpergewicht bekommt 36 g Liq. Kres. sapon. 3 g pro kg Körpergewicht.

Der Hund bekommt 30 Minuten nach Verabreichung der Dosis über den ganzen Körper ausgedehnte Muskelkrämpfe, legt sich nieder, kann aber auf Anruf nach einer Stunde aufstehen und in seinen Stall geführt werden. Er nimmt vorgesetzte warme Milch nicht an. Legt sich immer wieder nieder und bricht nach Kresol riechenden Mageninhalt — das Mittagsfutter — aus. Der Hund ist abends offenbar schwer krank, leidet an fortwährenden krampfartigen Zuckungen, läßt sich reaktionslos in bessere Lage auf trockenes Stroh bringen, bleibt dort liegen, reagiert schwach aber deutlich auf Anruf.

Am nächsten Tage hat sich der Zustand des Hundes nicht geändert. Der Hund frißt nicht, nimmt weder warme Milch noch Wasser an. Schwere langsame Atmung, Fieber. Am 28. hat sich

der Zustand weiter verschlimmert und am 29. mittags geht der Hund ein. Die Sektion zeigt, daß die Magenschleimhaut geschwollen, grau nekrotisch verfärbt, stellenweise oberflächlich geschwürig zerfallen ist. In das Duodenum und in den oberen Dünndarm setzt sich der entzündliche Zustand in Form dunkel blutigroter Anschwellung der Darmschleimhaut mit oberflächlichen Erosionen an den vorspringenden Schleimhautfalten fort und verliert sich allmählich nach unten gegen den Dickdarm hin. Nierenrinde stark verbreitert, blaßgrau, Marksubstanz dunkelrot. Ebenso zeigt die Leber sich im Zustand akuter Schwellung, Milz mäßig geschwollen, blutreich. Herz und übrige Organe ohne besondere Veränderung.

2. Grauer stichelhaariger Airedale-Terrier von 14 kg Körpergewicht bekommt 84 g Liq. Kresol. sapon. 6 g pro kg Körpergewicht. Bei Einflößung der Dosis spritzt der Hund durch konvulsivische Zusammenpressung des Magens und des Zwerchfelles einen Teil des eingeflößten Liquor (etwa 25 g) in hohem Bogen wieder aus. Dem Hund wurden die in Verlust gegangenen 25 g nachträglich wieder eingegeben.

20 Minuten danach treten krampfartige Zuckungen der Rücken- und Beinmuskulatur auf. Nach 30 Minuten allmählich eintretende Lähmung der hinteren Körperhälfte unter konvulsivischen Zuckungen. Nach 40 Minuten bricht das Tier zusammen und bekommt Muskelkrämpfe auch in der vorderen Körperhälfte. Atmung schwer, röchelnd unter Rasselgeräuschen. Der Hund wird in den Stall getragen und verendet noch am gleichen Abend etwa 6 Stunden nach der Operation.

Die am 27. Mai vormittags vorgenommene Obduktion zeigte im allgemeinen das gleiche Bild, wie bei dem ersten am 4. Tage nach der Operation verendeten Hund, welcher nur 3 g Liquor Kresoli saponatus pro kg Körpergewicht erhalten hat. Am hochgradigsten verändert war die mit oberflächlichen Geschwüren durchsetzte stark geschwollene Magenschleimhaut und der ebenso veränderte obere Teil des Dünndarms. Ebenfalls ausgesprochene parenchymatöse Entzündung der Nieren und der Leber. Milz wenig geschwollen. Im rechten Herzen viel weich geronnener

dunkelroter Cruor, sonst aber keine Veränderungen an Klappen, Epikard und Endokard.

3. Starker struppiger Schnauzer, 15 kg schwer, bekommt 135 g Liquor Kresoli saponatus. 9 g pro kg Körpergewicht.

Fünf Minuten nach Verabreichung beginnt der Hund zu taumeln, schwankt einige Minuten hin und her und stürzt nach 10 Minuten unter Krämpfen zu Boden.

Schwimmbewegungen, ruckweises röchelndes Atmen, dann Beißbewegungen durch krampfartiges Öffnen und Schließen der Masseteren. Schaum vor dem Maul. Krampfartiges Öffnen und Schließen der Augen. Nach 30 Minuten Streckbewegungen des ganzen Körpers. Vereinzelte langsamere Zuckungen. Exitus eine Stunde nach Verabreichung der Dosis. Die Sektion wird unmittelbar nach eingetretenem Tode vorgenommen.

Im Magen befindet sich noch das Futter der Mittagmahlzeit: Fleischstücke und Knochenreste. Die Magenschleimhaut dunkel graurot, geschwollen; ebenso das Duodenum. Nieren hyperämisch, Rinde verbreitert, dunkelrot. Marksubstanz ebenfalls blutreich. In der Blase wenig trüber Harn. Das Herz enthält, namentlich rechts, viel weich geronnenes Blut. Die Klappenapparate, Epikard und Endokard unverändert. Keine Ecchymosen. Lungen gebläht, blaß. Die übrigen Organe unverändert.

Es darf an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß die Zusammensetzung des offizinellen Liquor Kresoli saponatus auch nach der neuen Vorschrift des deutschen Arzneibuches (5. Ausgabe vom Jahre 1910) ganz außerordentlich verschieden ist. E. Waterstradt[1]) hat ja neuerdings in seiner unter Löfflers Leitung vorgenommene Untersuchung diese Unsicherheit des Liquor Kresoli saponatus zweifellos festgestellt. Zum weiteren Beleg dafür kann ich mitteilen, daß ein aus einer Apotheke bezogener Liquor Kresoli saponatus folgende Zusammensetzung hatte:

Kresol	43,8% (Trikresol)
Wasser	28,0%
Seife	27,5%.

[1]) E. Waterstradt, Vergleichende Untersuchungen usw. Inaugural-Dissertation. Greifswald 1913.

Das Präparat ist schwarz, in Chloroform unlöslich und stark alkalisch.

Dagegen entsprach der von der Firma E. Merck in Darmstadt bezogene Liquor den Vorschriften und ergab folgende Zusammensetzung:

Kresol	45,7%
Wasser	16,8%
Seife	36,7%

Das Präparat ist in Chloroform und in Benzin löslich und enthält freies Alkali. Der Siedepunkt des Kresols liegt zwischen 202 und 204°. Das Kresol enthält 58,9% Metakresol gleich 10,107 g Nitroprodukt. Das Präparat entspricht also allen Anforderungen des deutschen Arzneibuches V.

Die Apotheker pflegen den Liquor Kresoli saponatus nicht selbst herzustellen, können das bei dem billigen Preis des Präparates auch gar nicht übernehmen und beziehen das Präparat daher aus den verschiedenen chemischen Fabriken gewiß mit Vorliebe von solchen, welche am billigsten liefern. Das wird auch stets — wie ich bereits früher nachgewiesen habe[1]) — der Grund sein, weshalb der offizinelle Liquor Kresoli saponatus in seiner Zusammensetzung nicht gleichmäßig und in seiner Wirkung unsicher ist.

Unsere Versuche an Hunden wurden daher mit dem vorschriftsmäßig zusammengesetzten Merckschen Präparat angestellt.

Angesichts der verblüffenden Toleranz des Sagrotans bei Aufnahme in den Magen und Darm lag der Gedanke nahe, die Wirkung dieses Desinfektionsmittels auf die Darmbakterien zu studieren. Bei den zuerst behandelten Hunden konnte die Untersuchung nach dieser Richtung nicht ausgedehnt werden, da nach den sehr großen Dosen zunächst eine mehrtägige Obstipation eintritt und die Hunde des Sektionsbefundes wegen schon kurze Zeit nach Aufnahme des Sagrotans getötet wurden. Um nun einen wenigstens vorläufigen Einblick in das Verhalten der Darmbakterien zum Sagrotan im Innern des Körpers zu bekommen, wurden am 17. November abermals 2 Hunde mit großen Dosen Sagrotan innerlich behandelt.

[1]) Münchener Medizinische Wochenschrift 1912 Nr. 49.

Ein junger Wolfspitz, 14 kg schwer, bekam 150 g Sagrotan = 7,5 g pro kg Körpergewicht. Das entspräche für einen Menschen von 75 kg einer Menge von 562,5 g. Der Hund reagiert ebenso wenig wie die früher behandelten Hunde, nimmt sein Futter wie bisher und zeigt keinerlei objektiv wahrnehmbare Veränderungen seines Verhaltens. Der Kot war bakteriologisch vor der Verabfolgung des Sagrotans untersucht und ergab eine ungeheuere Masse vorwiegend dem Typus des Bazillus coli communis zugehöriger Bakterien. Noch in der fünften proportionalen Verdünnung — 1 ccm: 9 ccm steriler Nährgelatine — ausgehend von 1 g Kot waren Hunderte von Kolonien gewachsen. Ganz kurze Zeit nach Verabreichung des Sagrotan abgesetzter und untersuchter Kot verhielt sich etwa ebenso. Danach trat eine 3 Tage lang dauernde Kot-Verhaltung ein. Der erste am 20. November abgesetzte Kot war schwarzgrün, trocken, mit Schleim überzogen. Die bakteriologische Untersuchung ergab eine wesentliche Verminderung der Bakterien gegenüber dem normalen Kot: es wuchsen auf der 5. Verdünnungsplatte überhaupt keine Kolonien und auf der 4. nur vereinzelte. Inzwischen nahm aber die Zahl der Bakterien in dem am nächsten Tage entleerten Kot wieder erheblich zu, so daß eine den Voraussetzungen entsprechende anhaltende Verminderung der Darmbakterien nicht verzeichnet werden konnte.

Gleichzeitig mit dem Wolfspitz wurde einem kleinen 7½ kg schweren Rehpinscher 40 g Sagrotan eingegeben (5,3 g pro kg Körpergewicht). Diese Verabfolgung von 40 g Sagrotan wurde bei dem gleichen Hund nach 24 Stunden wiederholt und nach abermals 24 Stunden — am 19. November — wurden nochmals 20 g Sagrotan eingegeben, so daß der Hund innerhalb dreier Tage 100 g Sagrotan aufgenommen hatte. Der Hund hat diese Dosis gut vertragen, hat während der betreffenden Tage gefressen, nur drei Stunden nach der zweiten Dosis etwas gewürgt und Schleim erbrochen, aber auch in diesem Falle ist eine frappante dauernde Herabminderung oder gar ein Verschwinden der Darmbakterien im Kot ausgeblieben.

Wegen der außerordentlich großen Schwankungen im Bakteriengehalt des Hundekotes, welche auch bei gleichmäßiger Er-

nährung stattfinden, ist die Beurteilung einer künstlich erzielten Herabminderung der Darmbakterien sehr erschwert und läßt sich jedenfalls nur auf Grund ganz systematisch durchgeführter Versuche, zu denen mir die äußeren Mittel fehlen, feststellen. Ich habe daher von einer weiteren Bearbeitung dieses Teiles der Untersuchung absehen müssen und beschränke mich darauf, die Vermutung auszusprechen, daß durch innere Verabreichung des Sagrotans vielleicht ein Einfluß auf die Zusammensetzung der Darmbakterien im Innern des Körpers bewirkt werden kann. Die Ungiftigkeit des Präparates und die außerordentlich hohe bakterizide Kraft desselben lassen einen derartigen Einfluß nicht unwahrscheinlich erscheinen.

Jedenfalls kann festgestellt werden, daß wir in dem Sagrotan, dessen gute Eigenschaften in dem Zusammenwirken von Chlor — m — Kresol und Chlorxylenol oder technisch ausgedrückt in der Vereinigung eines durch Seifen gelösten Chlorxylenols mit Grotan beruhen, ein Präparat besitzen, welches allen Forderungen entspricht, die an ein ideales Desinfektionsmittel gestellt werden müssen: höchste keimtötende Wirkung, große Ungiftigkeit für die Körperzellen und physikalische Eigenschaften, welche seine Anwendung in der Praxis ermöglichen.

Auf Grund seiner hohen antimykotischen Kraft wird das Sagrotan aber auch in der Technik als Konservierungsmittel Eingang finden; nicht etwa zur Konservierung von Nahrungs- und Genußmitteln, dagegen schützt der scharfe Geschmack des Präparates, welcher schon in ganz geringer Konzentration deutlich hervortritt, aber zur Konservierung von allerlei organischen Gebrauchsgegenständen, welche durch Bakterien zerstört werden können, auch zur Konservierung von Naturalien, von anatomischen und pathologischen Präparaten dürfte sich das Sagrotan vorzüglich eignen.

Zweifellos übertreffen die Chlor-Kresol-Präparate, speziell das Chlor-Xylenol-Sapokresol „Sagrotan“, alle übrigen chemischen Desinfektionsmittel an Wirksamkeit, an Ungiftigkeit und an Vielseitigkeit in ihrer Verwendung.

Experimentelle und kritische Untersuchungen über die chromathaltigen Dämpfe der Chromatfabriken.

Von

Hermann Wisser,

Med.-Prakt. aus Hochheim a. M.

(Aus dem Hygienischen Institut Würzburg.)

(Mit 1 Tafel.)

(Bei der Redaktion eingegangen am 18. Dezember 1913.)

Im Hygienischen Institut in Würzburg kam Herr Professor Lehmann bei Gelegenheit seiner Studien über die Entstehung des Chromatgeschwüres auf die interessanten Literaturangaben über »chromathaltige Dämpfe«, welche aus den Eindampfkesseln der Chromatlösungen emporsteigen. Die »gelb gefärbten Dämpfe« werden schon von den allerersten Autoren, die sich näher mit der Chromindustrie beschäftigten, von Chevallier und Bécourt erwähnt. Eingehender über ihre Entstehung und Art äußern sie sich nicht, sondern sie begnügen sich mit der Angabe: La vapeur entraîne une infinité de molecules pulverulentes de ce produit qui se repandent dans l'atelier. (Annales d'hygiène publique, Janvier 1863, S. 84, Bd. 20).

Delpech und Hillairet haben einige Jahre später ebenfalls den Vorgang beobachtet. (Annales d'hygiène 1869, Bd. 31, S. 13.) Auch sie sprechen von äußerst feinem gelben Staub, der sich in der Umgebung der Pfannen niederläßt: »L'atelier se remplit d'abondantes vapeurs entraînant une assez grande quantité de bichromate qui retombe à l'état de poussière d'une extrême ténuité«. Eine eingehendere Behandlung hat

auch von ihnen die Frage nach der Herkunft dieser Stäubchen nicht erfahren.

Dann ist die Angelegenheit jahrelang ganz unbeachtet geblieben, und erst bei den Studien des Reichsgesundheitsamtes von Wutzdorff und Heise wurde sie etwas näher und quantitativ untersucht. Wir verdanken letztgenanntem Autor den Nachweis, daß über Pfannen ausgespannte Filtrierpapiere nur auf der Oberseite und nicht auf der Unterseite sich alsbald mit massenhaften kleinen Chromatflecken bedecken. Sie geben auch Photographien derartiger Papiere. Zu deren Erklärung sagen sie nur, daß die aufsteigenden Dämpfe Chromatteilchen mitreißen, die sich nach Abkühlung des Dampfes niederschlagen. Aus ihren quantitativen Versuchen läßt sich nicht deutlich die Beziehung der Auffangehöhe zur aufgefangenen Chromatmenge ersehen; auch die Zahl der niedergefallenen Tröpfchen ist nirgends ermittelt und die Verbreitungsweite der Teilchen im Raume ist nicht erwähnt. Besondere Experimente haben sie nicht ausgeführt.

Herr Prof. Lehmann hatte bei seinen gewerbehygienischen Untersuchungen eine scheinbar sehr analoge Beobachtung über Luftverunreinigung mit Schwefelsäure in Räumen, in denen Akkumulatoren geladen werden, gemacht. Diese Untersuchung, über die soeben Herr Dorsch unter der Leitung von Herrn Prof. Lehmann seine Dissertation gefertigt hat, führte zu dem übrigens nicht neuen Ergebnis, daß der beim Laden der Akkumulatoren entweichende Wasserstoff Schwefelsäurepartikel emporreißt, die sich auf darübergehaltenen Glasplatten nicht auf der Unterseite, aber auf der Oberseite bemerkbar machen. Blickt man im Laderaum auf die von Gasblasen durchsetzte Schwefelsäure herab, so ist man kaum belästigt. Schaut man aber in die Höhe, so spürt man in den Augen ein unerträgliches Brennen, also offenbar eine Belästigung durch herunterfallende Schwefelsäuretröpfchen, die auf Glasplatten sich leicht auffangen lassen. Dorsch hat quantitative Angaben über die Mengen, die sich in einer bestimmten Zeit niederschlagen, und Zahlen, welche den Gehalt in 1 cbm Luft angeben, publiziert. Der nächste Gedanke, den auch Herr Prof. Lehmann und Herr Dr. Dorsch in der

Arbeit als den wahrscheinlichsten hingestellt haben, war der, daß Wasserstoffbläschen, von dünnen Schwefelsäurehüllen umgeben, wie kleine Luftballons aus dem Schwefelsäurebassin aufsteigen, oben platzen oder durch Diffusion des Wasserstoffs zu Tröpfchen werden und herunterfallend die Augen reizen. Daß diese Bläschen an der Unterseite der Glasplatte nicht anprallen, wurde so erklärt, daß sie entweder die Glasplatten gar nicht erreichen, weil eine schwer bewegliche Luftschicht sich als Widerstand entgegensetzt oder auch, weil die kleinen Ballons abprallen. Doch erschien die erste der beiden Ansichten die wahrscheinlichste.

Herr Prof. Lehmann hat schon über die Tröpfchen aus Salzlösungen eine Reihe von Versuchen anstellen lassen, so über den Gehalt der Luft über einer eindampfenden Chromatlösung und zweitens über die Tröpfchenzahl, die auf einem ausgespannten Papierfilter niederfällt. Diese Versuche waren aber zu keinem Abschluß gekommen, und er ersuchte mich, neue Untersuchungen über die Frage anzustellen und dabei folgende Fragen tunlichst der Beantwortung entgegenzuführen:

1. In welchem Zustande steigen die Chromatpartikelchen aus der siedenden Lösung auf und wie ist die Bahn der aufsteigenden Teilchen sichtbar zu machen?
2. Wie zahlreich fallen in einer bestimmten Zeit in einer bestimmten Höhe über dem Spiegel der Chromatlösung die Chromatteilchen auf eine auffangende Fläche?
3. Welche Menge von Chromat fällt in verschiedenen Höhen auf die gleiche Fläche?
4. Wie verhält es sich mit der Verteilungsweite der kleinen Teilchen in einem freien, windstillen, größeren Raum?
5. Wie groß ist der Chromatgehalt der Luft in der Nähe einer siedenden Lösung?

Die Fragen schienen mir sehr interessant, und ich habe mich ihnen gewidmet, stets unterstützt durch freundlichen Rat und Mithilfe von Herrn Prof. Lehmann.

Es hat sich gezeigt, daß einzelne Fragen sehr leicht, andere sehr schwer definitiv zu beantworten sind. Immerhin

glaube ich, daß wir bei dieser Studie einen guten Schritt vorwärts gekommen sind.

Zunächst handelte es sich um eine geeignete Auffangefläche. Zwei Materialien bewährten sich dabei, einmal schwarzes Glanzpapier und zweitens Glas. Im Anfang überzog ich das Glas auf Rat von Herrn Prof. Lehmann mit einer dünnen Gelatineschicht, mußte mich aber überzeugen, daß die niederfallenden Teilchen auch auf gewöhnlichem Glas so liegen bleiben, daß man weiter mit ihnen experimentieren kann.

Ich beginne mit der Behandlung der ersten Frage, die scheinbar schon gelöst war und sich erst während der Versuche in den Vordergrund drängte: In welchem Zustand steigen die Partikelchen aus der siedenden Lösung auf?

Als erster Schritt zur Beantwortung dieser Frage ist eine genaue Betrachtung der sehr leicht erhältlichen kleinen herabfallenden Teilchen am nächsten liegend: Sie bestehen zum größten Teil aus Tröpfchen, die sich auf Glasplatten zu kleinen Flächen, an Bact. coli erinnernden Scheibchen, ausbreiten. Daneben kommen in sehr viel geringerer Zahl feste Kriställchen auf der horizontalen Auffangefläche vor. Dies erinnert an die oben zitierte französische Beobachtung. Zusammenfassend glaube ich aussprechen zu dürfen, daß sich aus dünnen Lösungen in der Regel Flüssigkeitströpfchen neben wenigen Kriställchen, aus konzentrierten relativ weniger Tröpfchen und etwas mehr Kriställchen ablagern. Besonders schöne, bis $^3/_{10}$ mm im Durchschnitt messende Kristalle haben wir bekommen, als wir sehr konzentrierte Chromatlösungen eindampften und das auffangende Papier schräg hielten. Es prasselte dann auf ein schwarzes Glanzpapier ein feiner Schloßenfall gelber, makroskopisch sehr leicht sichtbarer, wunderschön rollender Körnchen herunter. Fig. 1 gibt diese Körnchen bei 20 facher Vergrößerung in auffallendem Lichte photographiert wieder. Unter dem Mikroskop zeigen sie deutliche Kristallstruktur und haben keinen Hohlraum im Innern,

wie ein am Rande der Figur liegendes, zerdrücktes Körnchen zeigt. Diese auf der leicht geneigten Fläche des Glanzpapiers leicht dahinrollenden gelben Körnchen blieben aus, wenn man von vornherein eine nicht zu konzentrierte Lösung nahm und durch ständiges Zugießen von Wasser während des Siedens dafür sorgte, daß die Konzentration ungefähr 10% Chromat in der Lösung nicht überschritt. Exponierte man das Papier über einer solchen dünnen siedenden Lösung längere Zeit, ca. 10—20 Min., so erschien dessen Oberfläche mit feinem gelben Staube belegt; größere Körnchen, wie oben beschrieben, fehlten ganz. Die »Stäubchen« zeigten sich unter dem Mikroskop deutlich in zwei verschiedenen Formen.

Die erste Klasse der Gebilde hatte Kugelgestalt, so wie die oben beschriebenen rollenden Körnchen, sie waren jedoch an Umfang bedeutend geringer und besaßen schätzungsweise nur den 100. bis 200. Teil ihrer Masse. Augenscheinlich vermochten die kleinen Kügelchen mit ihrer minimalen Schwere die, wenn auch sehr geringe, so doch vorhandene Reibung des Papierüberzugs nicht zu überwinden; sie blieben auch auf der stark schräg gehaltenen Fläche hängen und machten so den einen Teil des Staubes aus.

Die zweite Klasse der niedergefallenen Gebilde zeigte eine Herkunft aus herabgefallenen Tröpfchen. Bei 20 facher Vergrößerung sah man gelbe Scheibchen, ähnlich Bakterienkolonien, das Zentrum stärker gelb als die Peripherie. Besonders reichlich und leicht bekam man diese von Tröpfchen herrührenden Scheibchen, wenn man zur Auffangung horizontal gelegte Glasplatten verwendete. Dies dürfte in der Kapillarattraktion des Glases gelegen sein. Nimmt man Fließpapier zum Auffangen, so erhält man neben seltenen Körnchen zackige Fleckchen, die von der nicht ganz gleichmäßigen Saugwirkung des Papiers auf die Lösung bedingt sind; auf Glanzpapier (Schellacküberzug) scheint durch Kapillarabstoßung die Tröpfchenform leichter kugelig zu bleiben und zu Kristallkügelchen zu vertrocknen. Fig. 2 gibt bei derselben Vergrößerung wie Fig. 1 die kleinen Stäubchen auf Glasplatten wieder. Es herrscht also wohl kaum ein Zweifel darüber, in welcher Form diese kleinsten Teilchen niederfallen: erstens

als wasserfreie kleinste Körnchen mit Kristallstruktur, zweitens in größerer Masse als Tröpfchen[1]).

Aus der Form dieser herabfallenden Teilchen wird man leider kaum einen Rückschluß auf die Form der aus der siedenden Lösung emporgeschleuderten Teilchen machen dürfen. Denn diese werden auf der verhältnismäßig weiten aufsteigenden und absteigenden Bahn durch verschiedene physikalische Einflüsse eine Veränderung ihrer Form erfahren. Zu diesen Einflüssen gehören hauptsächlich Wassergehalt und Wärme der umgebenden Luft.

Es lag nun zunächst nahe, bei geeigneter Beleuchtung mit dem unbewaffneten Auge nach den aufsteigenden Teilchen zu fahnden. Zu diesem Zweck wurden die ersten Versuche mit Chromatlösung gemacht, jedoch aufgegeben, da ein nahes Herangehen an die siedende Lösung, wie es zur Beobachtung von derartig subtilen Vorgängen nötig ist, dabei eine Gefährdung des Beobachters bedeuten könnte. Wir nahmen deshalb zu den weiteren Versuchen eine Kochsalzlösung und arbeiteten in einer kleinen Dunkelkammer. Die Versuchsanordnung sei kurz geschildert: Ein von einem kleinen elektrischen Scheinwerfer ausgehender intensiver Lichtstreifen beleuchtet in dem sonst völlig dunklen Raum einen schmalen Ausschnitt der aus der siedenden Lösung aufsteigenden und mitgerissenen Teilchen. Es ist also im wesentlichen dieselbe Versuchsanordnung wie zur Beobachtung der Sonnenstäubchen in einem dunklen Zimmer.

Ließ man zuerst reines Wasser ohne jeglichen Salzzusatz scharf sieden, so beobachtete man in dem Lichtstreifen zuerst grauweiße Wolken von kondensiertem Wasserdampf, die jedoch bald verschwanden, sobald die über der Pfanne stehende kalte Luftsäule durch warme, wasserdampfgesättigte Luft verdrängt war. Hier und da fuhr ein Lichtpünktchen durch den hellen Streifen, zweifellos von einem aufspritzenden Wassertröpfchen herrührend. Das Bild änderte sich sofort, wenn man unmittelbar in die siedende Lösung so viel Kochsalz eingab, daß die Konzen-

1) Es ist dies natürlich nichts prinzipiell verschiedenes, die einen Tröpfchen vertrocknen zu Kristallen, die andern bleiben Tröpfchen.

tration ca. 10% betrug. In dem Lichtstreifen zeigte sich dann eine Unmenge paralleler senkrecht stehender feinster Lichtfäden, herrührend von mit großer Geschwindigkeit auffahrenden kleinsten Teilchen. Dann und wann besaß ein solches Fädchen eine besonders starke Helligkeit. Durch gelindes Blasen auf den Lichtstreifen konnte man vermehrtes Auftreten dieser funkelnden Streifchen hervorrufen. Etwas über die Form einzelner Teilchen mit dem bloßen Auge zu ermitteln, war wegen ihrer großen Geschwindigkeit unmöglich. Erreichte die Flüssigkeit nach längerem Sieden eine höhere Konzentration, so nahm die Menge der Lichtfäden wieder ab. Nach Zugießen von Wasser traten sie sofort wieder reichlicher auf. Die Versuche, die Erscheinung durch Momentaufnahmen zu klären, führten zu keinem Resultat.

Es mußte deshalb zur Ermittelung der Form *der aufsteigenden Teilchen ein anderer indirekter Weg beschritten werden. Wenn es gelang, kleinste Flüssigkeitsteilchen von wohlbekannter Form emporzuschleudern, sie beim Herunterfallen aufzufangen und sie genau gleich zu finden denen, die über einer siedenden Salzlösung auf eine horizontale Fläche fallen, so durfte man den Schluß machen, daß letztere in derselben Form emporgeschleudert werden, wie die ersteren von wohlbekannter Form.* Sehr kleine Flüssigkeitsteilchen kann man nun mittels eines feinen Sprayapparates erzeugen; sie sind zweifellos kleinste Tröpfchen, wie man sich durch direktes Besprayen einer Glasplatte überzeugen kann. Unter genau den gleichen Versuchsbedingungen wie bisher wurde ein Spray einer 9—10 proz. Chromatlösung senkrecht von unten gegen eine 60 cm über dem Sprayapparat horizontal liegende Glasplatte gerichtet. War der Spray einige Minuten in Gang gewesen, so zeigten sich auf der Oberfläche der Glasplatte ganz genau die gleichen gelben Scheibchen und kleinen Kriställchen wie auf den über siedendem Chromat exponierten Platten. Auf der Unterseite der Platten zeigten sich einige gröbere Spritzer, aber keine kleineren Teilchen.

Weder makroskopisch noch mikroskopisch war der Belag der Dampf- und Sprayplatten zu unterscheiden.

Daraus geht mit ziemlicher Sicherheit hervor, daß die aus siedenden Salzlösungen aufsteigenden Teilchen aus Tröpfchen bestehen. Einige von ihnen werden auf ihrer Bahn infolge Wasserverlustes zu Kriställchen. Je konzentrierter die Lösung, je kleiner die Tröpfchen, um so leichter verdunstet das Wasser, um so eher fällt Pulver statt Tröpfchen nieder. Die sehr großen Kristalle von Fig. 1 stammen aus sehr konzentrierten, etwa heiß gesättigten Lösungen und entsprechen größeren, aus der zäheren Flüssigkeit aufsteigenden Tröpfchen. Auch die Spritzer auf der Unterseite der Glasplatte sind unter diesen Umständen größer und reichlicher.

Den Gewerbehygieniker werden einige quantitative Bestimmungen interessieren, die ich über die vorliegende Frage angestellt habe; zunächst: Wie zahlreich fallen in einer bestimmten Zeit, in einer bestimmten Höhe über der Chromatlösung die Chromatteilchen auf eine auffangende Fläche?

Zur Zählung der herabfallenden Tröpfchen wurden Objektträger über der siedenden Lösung 10 Minuten exponiert. Der Abstand der Objektträger betrug in jedem Versuch 25, 45 und 65 cm von der siedenden Fläche. Die Zählung erfolgte unter dem Mikroskop bei 80 facher Vergrößerung. Die angegebenen Zahlenwerte sind mittlere Werte, gefunden aus ca. 20 Zählungen.

Tabelle über die erste Versuchsserie.
Lösung 7—9%. Expositionsdauer 10 Minuten.
Die Zahlen sind Tröpfchenzahlen, gefunden pro qcm.

Höhe der Objektträger über d. siedenden Lösung	Erster Versuch	Zweiter Versuch	Dritter Versuch	Vierter Versuch	Fünfter Versuch	Sechster Versuch	Mittelwerte
Erster Objektträger 25 cm üb. d. sied. Lös.	1291	1178	1253	1097	1288	1305	**1235**
Zweiter Objektträger 45 cm üb. d. sied. Lös.	1653	1497	1583	1696	1654	1705	**1661**
Dritter Objektträger 65 cm üb. d. sied. Lös.	2876	2413	2510	2318	2296	2424	**2473**

Tabelle über die zweite Versuchsserie.

Lösung 11—12%.

Höhe der Objektträger über d. siedenden Lösg.	Erster Versuch	Zweiter Versuch	Dritter Versuch	Vierter Versuch	Fünfter Versuch	Sechster Versuch	Siebenter Versuch	Mittelwerte
Erster Objektträger 25 cm üb. d. sied. Lös.	952	1002	892	987	1052	1116	856	979
Zweiter Objektträger 45 cm üb. d. sied. Lös.	1128	1120	1087	1303	1156	957	1117	1123
Dritter Objektträger 65 cm üb. d. sied. Lös.	2105	2173	2086	2109	1918	2223	2078	2099

Tabelle über die dritte Versuchsserie.

Lösung 18—20%.

Höhe der Objektträger über d. siedenden Lösung	Erster Versuch	Zweiter Versuch	Dritter Versuch	Vierter Versuch	Fünfter Versuch	Sechster Versuch	Mittelwerte
Erster Objektträger 25 cm üb. d. sied. Lös.	403	481	381	511	467	368	445
Zweiter Objektträger 45 cm üb. d. sied. Lös.	564	483	618	608	597	601	577
Dritter Objektträger 65 cm üb. d. sied. Lös.	902	1231	917	803	1180	1020	1009

Aus diesen drei Versuchsserien geht hervor: **Die Anzahl der Tröpfchen hängt ab von der Konzentration der Lösung und von der Höhe der Auffangefläche.**

Bei einer Konzentration von 7—9% Chromat wurde die höchste Tröpfchenzahl auf allen drei Etagen erreicht. Bei zunehmender Konzentration der Lösung nahm sie stetig ab, um bei einer Konzentration von 18—20% ihr Minimum zu erreichen. Nimmt die Konzentration über 20% zu, so wird die Viskosität der Lösung so groß, daß starkes Spritzen eintritt und so den Versuch stört.

Eine Konzentration unter 7% hat ebenso wieder eine stetige Abnahme der Tröpfchen zur Folge.

Es scheint beim ersten Blick auffallend zu sein, daß sich in jeder Versuchsreihe auf der höchsten Etage die meisten Tröpfchen fanden. Man findet jedoch leicht die Erklärung hierfür, wenn man die Tröpfchen aus der obersten Etage unter dem Mikroskop betrachtet. Sie sind nämlich sehr klein, viel kleiner als die Tröpfchen der übrigen Etagen. Wie unten noch rechnerisch nachgewiesen wird, sind sie auch viel leichter als die anderen Tröpfchen und infolgedessen mit größerer Flugfähigkeit ausgestattet. Natürlich werden sie mit dem aufsteigenden Luft- und Dampfstrom leicht in größere Höhe mitgerissen und können mit ihrer geringen Schwere denselben nach abwärts nicht überwinden, so daß sie sich auf die dort ausgelegten Objektträger in großer Zahl niederlassen.

Zur Ermittelung der auf eine bestimmte Fläche in verschiedener Höhe auffallenden Chromatmenge wurden Glasplatten von 625 qcm Fläche in den drei Etagen über einer 7—9 proz. Chromatlösung 10 Minuten lang exponiert, um eine zur kolorimetrischen Bestimmung genügende Menge von Chromat zu erhalten. Gleichzeitig wurde auch in dem Versuche die Tröpfchenzahl ermittelt.

Erste Versuchsreihe.

Auf der unteren Glasplatte (25 cm über der siedenden Lösung) befanden sich:

Erster Versuch . .	8,1 mg Chromat
Zweiter Versuch . .	9,1 » »
Dritter Versuch . .	8,6 » »
Mittelwert . .	**8,6** mg Chromat auf der ganzen Platte.

Bei einer Tröpfchenzahl von:

Erster Versuch . . .	996
Zweiter Versuch . . .	1032
Dritter Versuch . . .	1017
Mittelwert . . .	**1015** pro qcm

Zweite Versuchsreihe.

Auf der mittleren Glasplatte (45 cm über der siedenden Lösung) befanden sich:

Erster Versuch . .	3,9	mg Chromat auf der Glasplatte
Zweiter Versuch . .	5,5	» » » » »
Dritter Versuch . .	5,9	» » » » »
Mittelwert . .	**5,1**	mg Chromat auf der Glasplatte.

Bei einer Tröpfchenzahl von:

Erster Versuch	2101	Tröpfchen pro qcm
Zweiter Versuch	2062	» » »
Dritter Versuch	2026	» » »
Mittelwert	**2063**	Tröpfchen pro qcm.

Dritte Versuchsreihe.

Auf der oberen Glasplatte (65 cm über der siedenden Lösung befanden sich:

Erster Versuch . .	4,1	mg Chromat auf der Glasplatte
Zweiter Versuch . .	5,3	» » » » »
Dritter Versuch . .	4,3	» » » » »
Mittelwert . .	**4,5**	mg Chromat auf der Glasplatte.

Bei einer Tröpfchenzahl von:

Erster Versuch	2087	Tröpfchen pro qcm
Zweiter Versuch	2481	» » »
Dritter Versuch	2563	» » »
Mittelwert	**2381**	Tröpfchen pro qcm.

Beim Vergleich dieser Zahlen sieht man ohne weiteres, daß die Tröpfchen der höheren Etagen erheblich kleiner sein müssen als die der unteren. Da Chromatmenge und Tröpfchenzahl jeder Platte bekannt sind, kann man das durchschnittliche Gewicht eines Tröpfchens bestimmen, das sich ergibt für die

untere Platte (25 cm über d. sied. Lösg.)	mittlere Platte (45 cm über d. sied. Lösg.)	obere Platte (65 cm über d. sied. Lösg.)
$\frac{13}{\text{Millionstel}}$ mg	$\frac{4}{\text{Millionstel}}$ mg	$\frac{2}{\text{Millionstel}}$ mg

Dieses minimale Gewicht von 2 Millionstel mg erklärt die große Flugfähigkeit der kleinsten Tröpfchen.

Um die Verbreitungsweite der Tröpfchen in einem freien, windstillen Raume zu ermitteln, wurden Objektträger in gleichen Abständen von 30 cm bis zu einer Entfernung von 2,1 m in einer Höhe von 80 cm über siedender Kochsalzlösung nach zwei

Kurve über die Verbreitungsweise der Tröpfchen in einem geschlossenen Raume auf eine Kreisfläche von 4,20 m Durchmesser.

entgegengesetzten Richtungen ausgelegt. Die Zahl der niedergefallenen Tröpfchen nahm gegen die Peripherie zu regelmäßig ab, so daß die auf den 15 Objektträgern gefundenen Zahlen in ein Ordinatensystem eingetragen nebenstehende, fast symme-

trische Kurven ergaben. Auch hier ist wieder zu bemerken, daß sich auf den entferntesten Objektträgern die kleinsten Tröpfchen niederließen.

Zur Vervollständigung dieser quantitativen Versuche wurden noch Ermittelungen über den Chromatgehalt der ruhigstehenden Luft in der Nähe einer Sudpfanne gemacht. Den eigentlichen Chromatgehalt der Luft machen nur die darin gewissermaßen suspendierten flugfähigen kleinsten Teilchen aus. Durch geeignete Versuchsanordnung wurde dafür gesorgt, daß nur diese auf das Wattefilter kamen und keine größeren fallenden oder verspritzten Teilchen. Die Konzentration der Lösung betrug in jedem Fall ca. 7—9% Chromat. Es verdampfen von 1000 ccm Chromatlösung bei einer Oberfläche von 750 qcm etwa 200 ccm. Die Luftabsaugung geschah unter dem Abzug bei nicht brennender Lockflamme. Der Chromatgehalt der Watte wurde kolorimetrisch bestimmt. Es wurden dreimal 200 l Luft durchgesaugt und Mengen zwischen 2 und 3 mg Chromat pro cbm Luft gefunden.

Erster Versuch	2,1	mg	Chromat	pro	cbm
Zweiter Versuch	3,1	»	»	»	»
Dritter Versuch	2,5	»	»	»	»

Hier ist auch der Platz, noch einmal Stellung zu nehmen zu den Äußerungen der französischen Autoren. Die auf der obersten Etage sich niederlassenden Teilchen verdienen wegen ihres minimalen Gewichts die Bezeichnung: Une poussière d'une extrême ténuité. Wenn man aber die französischen Abhandlungen liest, könnte man ungezwungen zur Meinung kommen, die kleinsten Teilchen würden sofort als Staub die siedende Lösung verlassen, wenn dies auch in den Abhandlungen nicht direkt ausgesprochen ist. Nach den vorstehenden Untersuchungen ist dies jedoch nicht der Fall.

Über die Frage, warum die aufsteigenden resp. mit dem Dampf emporgerissenen Tröpfchen nicht der Unterseite der Glasplatte anhaften, ist wohl mit Herrn Prof. Lehmann die Antwort zu geben: Die Teilchen haben nicht die Beschleunigung,

um die an der Unterseite einer Auffangfläche ruhende Luftschicht zu durchdringen. Sie steigen neben der Auffangfläche empor und fallen von oben darauf nieder. Auch die Schwefelsäure dürfte bei Wasserstoffentwicklung ebensowohl in Form von Tröpfchen als von Bläschen emporgerissen werden.

Es erübrigt mir noch, Herrn Prof. Lehmann hier meinen besten Dank auszusprechen für seine liebenswürdige Anregung und rege Teilnahme an vorliegender Arbeit.

Über neuere Methoden des Tuberkulose-Nachweises.

Von

Maximilian Keins.

(Aus der Kgl. Bakteriologischen Untersuchungsanstalt München.)

(Bei der Redaktion eingegangen am 7. Februar 1914.)

Während meiner Tätigkeit an der bakt. Untersuchungsanstalt zu München hatte ich reichlich Gelegenheit, mich mit der Tuberkulosediagnostik zu befassen. Meine Studien erstreckten sich hauptsächlich auf die Nachprüfung einiger in neuerer Zeit angegebenen Methoden des Tuberkulosenachweises, nnd zwar hauptsächlich auf die Muchsche Färbemethode und den Tierversuch.

Voranschicken möchte ich eine Statistik der Tuberkuloseuntersuchungen an den preußischen und bayerischen Untersuchungsämtern, wie ich sie auf Grund der »Veröffentlichung der Medizinal-Verwaltung Preußens 1910« (48) und der »Jahresberichte der Kgl. bayerischen Untersuchungsanstalten 1911« (24) in folgender Tabelle zusammengefaßt habe.

Statistik.

Die Statistik der an den bakt. Untersuchungsämtern eingesandten Proben zeigt, daß ein großer Teil der gewünschten Untersuchungen auf Tuberkulose lautet. Aus nachstehender Tabelle I sieht man die absolute Zahl sämtlicher Untersuchungen (Kol. 2), die Zahl der auf Tuberkulose lautenden Untersuchungen (Kol. 3), das Prozentverhältnis der Untersuchungen auf Tuberkulose zur Gesamtzahl der Untersuchungen (Kol. 4), die Zahl der positiv

Tabelle

Name der Untersuchungsanstalt	Gesamtzahl der Untersuchung.	Untersuchung. auf Tbk.	Proz. Verhältnis der Tbk.-Untersuchungen zu d. übrigen	Zahl der positiv. Tbk.-Untersuchung.	°/₀ positiv	Zahl der negativ. Tbk.-Untersuchung.
1	2	3	4	5	6	7
Gumbinnen	4331	660	10,52	170	25,75	490
Danzig	2316	355	15,32	81	22,82	274
Potsdam	5626	461	8,19	94	20,39	367
Stettin	4016	824	25,18	219	26,58	605
Bromberg.	3296	659	20,00	165	25,04	494
Breslau	5574	838	15,03	186	22,20	652
Magdeburg	5157	1802	34,94	238	13,20	1564
Hannover	6357	1623	25,37	330	20,33	1293
Stade	7710	994	12,89	216	21,73	778
Münster	4769	603	12,64	216	35,82	387
Koblenz	5095	454	8,91	86	18,94	368
Düsseldorf	5566	452	8,19	71	15,70	381
Sigmaringen	115	55	47,82	12	21,81	43
Institut für Infektions-Krankheiten	1858	165	8,88	37	22,42	128
Hygien. Institut Posen .	10585	930	8,78	206	22,15	724
Hygien. Institut Beuthen	3820	399	10,44	110	27,56	289
Trier	3025	1401	46,31	325	23,19	1076
Königsberg	7298	947	12,97	197	20,80	750
Halle	22771	7288	32,00	1509	21,26	5779
Kiel	8263	2199	25,28	—	—	—
Göttingen	6854	1688	29,64	—	—	—
Marburg	3155	737	23,36	171	23,04	566
Gelsenkirchen	20103	2388	11,87	551	23,07	1837
Bochum	2442	285	11,67	51	17,82	234
Duisburg	4011	793	19,52	177	22,32	616
Essen	4975	1432	20,88	322	22,48	1110
Hagen	2942	620	21,00	160	26,12	460
Dortmund	3824	904	23,64	172	19,02	732
Elberfeld	1937	247	12,75	83	33,60	164
Barmen	1371	599	43,69	114	19,03	485
Altona (1911 ab Februar)	560	226	40,35	38	16,81	188
Erlangen	955	58	6,07	12	20,69	46
Würzburg	827	137	16,56	42	30,66	95
München	4869	404	8,32	89	22,03	315

I.

Sputum				Urin		Sonstige Krankheits-Produkte		Milch	
Anzahl	positiv	% positiv	negativ	Anzahl	positiv	Anzahl	positiv	Anzahl	positiv
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
657	170	25,87	487	1	—	2	—	—	
347	81	23,05	266	6	—	2	—		
457	94	23,34	363	1	—	2	—	1	
818	218	25,42	600	2	1	4	—		
648	164	26,65	484	7	1	4	—		
832	185	22,23	647	3	1	3	—		
1802	238	13,20	1564	—	—	—	—		
1589	225	14,16	1364	26	4	8	1		
935	203	21,71	732	16	6	29	7	14	
578	209	36,15	369	9	3	16	4		
433	84	19,40	349	8	—	13	2		
445	71	15,95	374	4	—	3	—		
53	12	22,64	41	1	—	1	—		
165	37	22,42	128	—	—	—	—		
865	200	23,12	665	35	2	29	4	1	
381	110	28,87	271	—	—	—	—	—	
1401	325	23,19	1076	—	—	—	—		
947	197	20,80	750	—	—	—	—		
7160	1491	20,82	5669	46	12	81	6	1	
—	—	—	—	—	—	—	—		
—	—	—	—	—	—	—	—		
737	171	23,20	566	—	—	—	—		
2268	538	23,72	1730	52	6	68	7		
268	41	15,30	227	6	3	11	7		
742	163	21,96	579	14	4	33	10	4	
1398	304	21,74	1094	32	17	3	1		
581	151	22,17	430	14	1	25	8		
		—	—						
233	74	31,75	159	3	3	11	6		
43	12		31	6	—	1	—		
127	40		87	4	—	6	2		
372	80		292	32	9				

(Kol. 5), die Zahl der negativ (Kol. 7) ausgefallenen Untersuchungen der einzelnen Anstalten. Das Prozentverhältnis der pos. ausgefallenen Untersuchungen (Kol. 6) zu der Zahl der auf Tuberkulose lautenden Untersuchungen (Kol. 8) zeigt, daß der weitaus größte Teil der Tbk.-Einsendungen Sputa sind, während die Urine (Kol. 12) einen viel geringeren Teil ausmachen. Den noch übrigbleibenden kleinen Rest habe ich zusammengefaßt in Kol. 14 unter dem Begriff »Sonstige Krankheitsprodukte«. Es sind dieses: Eiter-, Blut- und Stuhlproben, Kniegelenkspunktate, Pleuraexsudate, Cerebrospinalflüssigkeit u. a. m. Einige wenige Anstalten erhielten außerdem Milch zur Untersuchung auf Tbk. (Kol. 16). Die Zahl der Tbk.-Untersuchungen ist an den einzelnen Anstalten sehr verschieden. Prozentualiter am meisten Tbk.-Einsendungen haben Sigmaringen (47,82%), Trier (46,31%), Barmen (43, 69%) und Altona (40, 35%). Diese Anstalten haben die kleinsten Zahlen der Gesamtuntersuchungen, z. B. bei Sigmaringen mit 150 Einsendungen lauten auf Tbk. 55, das ist fast die Hälfte. Ähnlich verhält es sich mit Altona und Barmen. Jedoch auch bei den Anstalten mit großer Einlaufsziffer spielen die Tbk.-Untersuchungen eine große Rolle. Halle mit der größten Einsendungszahl (22 771) hat 32,00% davon auf Tbk. zu untersuchen. Magdeburg 34,94%, das ist ein Drittel der Untersuchungen, während die Anstalt mit zweitgrößter Einlaufsziffer, Gelsenkirchen, nur 11,87% Tbk.-Untersuchungen hat. Am kleinsten sind prozentual die Zahlen in Potsdam, Koblenz, Düsseldorf, dem Institut für Infektionskrankheiten, Posen, München mit ca. 8% und Erlangen mit nur 7%. Die Differenzen in den Zahlen sind von den jeweiligen Verhältnissen abhängig, denn es ist klar, daß Orte mit Tbk.-Fürsorgestellen einerseits eine größere absolute Zahl, anderseits aber einen geringeren Prozentsatz positiver Untersuchung haben müssen.

Die Zahl der Tbk.-Untersuchungen betrug demnach im Jahre 1910 in Preußen 9780, davon waren pos. 2084, d. h. 21,03%. In Bayern, wo die Ämter erst im Februar 1911 eröffnet wurden, betrug im Jahre 1911 die Zahl der Tbk.-Untersuchungen 542 mit 132 pos., d. h. 24,35% positiven.

Die an den bakt. Untersuchungsämtern gebräuchlichen Nachweisverfahren zerfallen in drei Gruppen: I. Der Färberische Nachweis des T.-B., II. die Anreicherungsverfahren, III. der Tierversuch.

Die Färbemethoden.

Allgemeiner Beliebtheit erfreut sich von den Färbemethoden die Ziehl-Neelsensche Färbung, während ältere Methoden, wie z. B. die Ehrliche Färbung, verlassen sind. In den letzten Jahren hat dagegen eine neue Methode viel von sich reden gemacht, über die das folgende Kapitel handeln soll. Es ist die Muchsche Färbung. Much selbst bezeichnet seine Methode als »prolongierte Gramfärbung«.

Daß der Tuberkelbazillus nach Gram darstellbar ist, ist schon seit langem bekannt. Jedoch wurde diagnostisch hierauf kein Wert gelegt. Erst nachdem Much seine neuen Färbemethoden angab, die auf einer Modifikation der Gramfärbung beruhen, wurden auch von anderer Seite Grammodifikationen angegeben. Unna stellt in einer chemischen Farbenstudie fest, daß für die Grammethoden nur die Rosanilinfarben, und zwar Gentianaviolett, Methylviolett und Viktoriablau geeignet sind. Der wahrscheinliche Grund dafür sei der, daß die erwähnten Farben eine ausgesprochene Affinität zum Jod haben. Betheg[3]) kam zum gleichen Resultat bei Dahlia, welches er auch in eine Grammodifikation einführt.

Die einfache Gramfärbung geht folgendermaßen vor sich:

I. Färbung mit Anilinwasser-Gentianaviolett oder Karbol-Gentianaviolett unter Erwärmen mindestens zwei Minuten lang. — II. Eine halbe bis zwei Minuten Lugolsche Lösung (Solve Jodi 1,0 Kal. jodat., 2,0 in Aqu. dest., 5,0 nach Lösung adde Aqu. dest. ad 300,0) einwirken lassen. — III. Entfärben des Präparats in Alkohol abs. bis keine Farbwolken mehr sichtbar sind. — IV. Gegenfärbung mit Safranin, Vesuvin oder verdünntem Fuchsin (Kurz!). — V. Abspülen in Wasser, Trocknen, Zedernöl etc.

Much gab zur Färbung von T.-B. folgende drei verschiedene Modifikationen der Gramfärbung an:

Much 1: I. Färbung mit Anilinwasser-Gentianaviolett; II. Lugol fünf Minuten; III. Entfärbung mit abs. Alkohol und Nelkenöl.

Much 2: I. Methylviolett B. N. 10 ccm gesättigte alkoholische Lösung in 100 ccm 2 proz. Karbolwasser, Färben 24 bis 48 Stunden oder 2 Minuten

beim Erhitzen. (Diese Farblösung muß oft filtriert und wenigstens alle drei Tage frisch bereitet werden.) — II. Lugolsche Lösung 5 Minuten. — III. Abspülen mit Aqu. dest. — IV. 5 proz. Salpetersäure 1 Minute. — V. 3 proz. Salzsäure 10 Sekunden. — VI. Entfärben in Azeton-Alkohol aa. — VII. Gegenfärbung mit stark verdünnter Fuchsinlösung oder Bismarckbraun.

Much 3: I. Färben wie bei Much 2. II. Jodkaliumwasserstoffsuperoxyd (Rp. Kalium jodat. 5,0, 2 % Hydrogen. peroxyd. ad 100,0) 2 Minuten. III. Entfärben in abs. Alkohol. IV. Gegenfärbung wie Much 2.

Außerdem wurden neuere Grammodifikationen mitgeteilt von Günther, Unna, Kutscher, Nicolle, Weigert-Kühne und von Much ca. zehn. Alle verfolgen neben Vereinfachung der Methode den Zweck, die Farbniederschläge zu eliminieren, auf deren spezielle Bedeutung gerade bei den Grammethoden noch später zurückzukommen sein wird.

Schon Koch hat darauf hingewiesen, daß die T.-B. nicht immer einheitliche Stäbchen sind, sondern oft fragmentiert erscheinen. Jedem Untersucher, der viele T.-B. gesehen hat, werden diese fragmentierten Formen selbst bei der üblichen Ziehlfärbung aufgefallen sein. Und Spengler[44]) teilte 1905 aus seinen Befunden mit: Es gäbe Sputa, die der Ungeübte nicht für Sputa eines Phtisikers halten würde, und dennoch sähe man darin bisweilen »T.-B.-Splitter«, die rot gefärbt sind. Er schreibt: »Aus vereinzelten isoliert auftretenden Splittern wage ich nicht immer die Diagnose ‚Splitter' zu machen, wohl aber, sobald die Splitter in Gruppen gefunden werden.«

Es ist sehr naheliegend, wenn diese von Spengler als Splitter bezeichneten Gebilde in Beziehung gebracht worden sind zu den von Much später beschriebenen »Granulaformen«.

Morphologisches. Im Jahre 1907 veröffentlichte Much seine Befunde[32]) über eine neue von ihm entdeckte Form des Tbk.-Virus, das er im Material verschiedenster Herkunft fand und das sich nur durch die prolongierte Gramfärbung gelegentlich in Fällen darstellen läßt, die sonst keine säurefesten Stäbchen aufweisen. Dieses Virus, das in feinsten Körnchen besteht, nennt er »Granula«. Sie kommen in verschiedener Anordnung vor. Bald in feinsten Körnchenreihen (Stäbchenform), bald diffus, bald in Häufchen angeordnet. Muchs Angaben werden bestätigt

von Caan[10]), Bethcg[3])[4]), Deycke[12]), Wirths[53]), Leschke[29]), Weiß[50]). Dieser fand solche Formen des Tbk.-Virus in mehreren Fällen von Lupus vulg. und in käsigen Lymphdrüsen. Boas und Dietlefsen[8]) konnten in zwanzig Fällen von Lupus vulg. der Haut nur in vier Fällen nach Ziehl-Neelsen färbbare Stäbchen finden, während in allen Fällen Much sche Granula und zwar besonders in den Riesenzellen vorhanden waren. P. Wolff[55]) konnte in einzelnen Fällen, die keinerlei sonstige tuberkulöse Veränderung bei der Sektion aufwiesen und deren Lymphdrüsen sich histologisch frei von Tbk. erwiesen, im Drüsenausstrich die Much sche Form des T.-B. nachweisen. Wolff[55]) spielt diese Befunde für den hohen Wert der Much schen Entdeckung aus. Man könnte zwar darüber auch anderer Meinung sein und daraus schließen, daß eben die Much schen Granula auch in Fällen vorkommen, die absolut keine Tbk. sind. Wolff teilt aber weiter mit, daß er in einem Falle — es handelt sich um die Mesenterialdrüsen von Kindern, deren Organe sonst keine Tbk. aufwiesen und die an anderen Krankheiten gestorben waren — eine Drüse steril entnahm, die eine Hälfte mikroskopisch untersuchte, und als diese Untersuchung nach Ziehl negativ ausfiel, nach Much aber vereinzelte T.-B. aufwies, die andere Hälfte auf ein Meerschweinchen verimpfte, worauf dieses Tier nach 28 Tagen nach Ziehl färbbare Stäbchen aufwies.

Stefanie Rosenblatt[40]) fand, »daß in bestimmten Stadien der Krankheit die granuläre Form des T.-B. die säurefesten Stäbchen überwiegt«. Oft zeigten sich in Sputa, die erst nur Much sche Form zeigten, schon nach 8 Tagen später säurefeste Stäbchen. Mit der Abnahme der säurefesten Stäbchen stieg die Anzahl der granulären Form und umgekehrt. Ähnliche Befunde hat Schulz[47]). Inwieweit diese Beobachtungen richtig sind, kann aus leicht begreiflichen Gründen nur an der Klinik, wo das Sputum von Patienten jederzeit zu haben ist, nachgeprüft werden.

Andere Autoren bestreiten, daß durch die Much sche Färbmethode eine besondere Art des Tbk.-Virus darstellbar sei als durch die Ziehlfärbung. Dazu gehören: Dold[14]), Rosenblat[41]) Eisenberg[15]), Bittrolff und Momose[6]) und andere mehr.

Marmann hat in seinem sehr großen Material keine Stäubchenform beobachten können[31]).

Daß die Much sche Form aber keineswegs spezifisch für Tbk. ist, das betonen Jacobitz und Kayser[26]). »Übrigens haben wir nach Much und Hatano sehr schöne Formen freier Granula und solcher in säurefesten Bazillen nachgewiesen, die aus dem Innern von Trompeten stammten und welche sicher keine T.-B. waren.«

Wie ist nun das Zustandekommen zweier so verschiedenartiger Bilder des T.-B., wie sie durch die Ziehl färbung in Form von Stäbchen und in der Much färbung in Form von Granula erzeugt werden, zu erklären?

Much[33]) nimmt im T.-B. zwei verschiedene Substanzen an. Eine nach Ziehl und eine nach Gram darstellbare. Indem der Bazillus in verkästen Organen das Fett verliert, wird er säureschwach und nur noch nach Gram darstellbar. Dafür würde auch der bereits auf Seite 117 erwähnte Tierversuch Wolffs zu verwerten sein, zu dem Wolff[55]) bemerkt: »Falls man also aus einem einzigen Tierversuch mit allem Vorbehalt etwas schließen darf, so wäre es das, daß die granuläre, nur nach Gram färbbare Form des T.-B. sich auf dem günstigen Nährboden des Meerschweinchens zu nach Ziehl färbbaren Bazillen umgewandelt hätte, eine Möglichkeit, die Much bei seinen Untersuchungen schon erwiesen hat.«

Much[33]), Weiß[51]), Deycke[12]) halten die nach Gram darstellbaren Substanzen für Eiweißsubstanzen. Aronson[1]) aber ist es gelungen, mittels Trichloräthylen die T.-B. und die Granula zum Verschwinden zu bringen, und er schließt hieraus, daß die Annahme der »Hamburger Schule« (Much, Weiß, Dycke), es handle sich um eine besondere Eiweißsubstanz, hinfällig ist, da Trichloräthylen nur Fette und Wachse löst. Dasselbe Resultat erhielt Krylow[28]). Daraufhin erwidert Deycke[12]): Wenn Aronson mit seiner Behauptung recht hätte, daß die Granula aus Wachs bestehen, so müßten sie ja auch säurefest sein, da dieses aber nicht der Fall ist, so müsse man neben Fetten und Wachsen auch eine Eiweiß- oder N-Komponente der Granula

annehmen. Eisenberg[15]) kommt bei der ungeklärten Sachlage zu dem Schlusse: »Das Beste wird wohl sein, bis auf weiteres nur rein morphologisch von einer ‚Grundsubstanz' und einer ‚Granularsubstanz' der Stäbchen zu sprechen.« Deycke, Much und Weiß haben auch festgestellt, daß die granuläre nach Ziehl nicht färbbare Form des T.-B. durch Antiformin in keiner Weise angegriffen wird, und Weiß schließt daraus, daß durch die Verbindung der Eiweißsubstanz und einer anderen Substanz die Granula eine ebenso große Resistenz gegen Chemikalien erhalten, wie sie die Fett- und Wachssubstanzen der T.-B. besitzen.

Infolgedessen ist es erklärlich, wenn Much und seine Anhänger, Weiß und Deycke, Wirths[54]) und Schottmüller[46]) die Granula für die resistenteste Wuchsform des T.-B. halten, sie für voll entwicklungsfähig und voll virulent erklären. Den Entwicklungsgang des T.-B. stellt sich Much so vor, daß im käsigen, von der Ernährung mehr oder weniger abgeschnittenen tuberkulösen Gewebe oder im tuberkulösen Eiter die Säurefestigkeit des T.-B. leidet. Dadurch zerfällt der Bazillus in Körnchen, die nur nach Gram darstellbar sind. Gelangen diese Körnchen wiederum in die Zirkulation oder in gesundes Gewebe, so entstehen aus ihnen Stäbchen, die zunächst nur nach Gram färbbar sind. Hier werden sie mit Fett- und Wachssubstanzen wieder imprägniert und dadurch wieder säurefest. Fontes[18]) ist in der Auffassung der Granula ein wenig zurückhaltender. »Ich glaube hieraus schließen zu müssen, daß die granuläre Form wenn auch vielleicht nicht eine charakteristische Resistenzform, so doch zum mindesten eine Form von der größten Widerstandsfähigkeit ist, welche der T.-B. annehmen kann.« Betheg[3]) [4]) setzt die Muchschen Granula den Spenglerschen Splittern und seinen T.-B.-Sporen gleich und bezeichnet sie mit Knoll[27]) und Gasis[21]) als Sporen oder sporoide Körperchen. Spengler[44]) selbst hatte zunächst die Splitter für Involutionsformen »mit erheblich herabgesetzten Lebens- und Entwicklungsfähigkeiten und entsprechend geringerer Virulenz« aufgefaßt und definierte sie als »eine an der Grenze der Vitalität angelangte Wuchsform des

T.-B. bzw. Perlsucht-Bazillus.« Kitasato (zit. n. 2) hält die Granula für Degenerationsformen und abgestorbene Gebilde; ebenso Schulz[47]) und Geipel[23]). Behring und Eisenberg[15]) sprechen von bakteriolytischen Zerfallsprodukten. Bittrolff und Momose[6]) erkennen, wie bereits oben erwähnt, die Existenz einer besonderen nur nach Much darstellbaren Form des T.-B. nicht an. Denn sie fanden die nach Much gefärbten T.-B. nach Umfärbung mit Ziehl stets säurefest. In den nach Ziehl negativen Fällen ergab die Färbung nach Much auch stets negative Resultate, und in der von Weiß angegebenen Doppelfärbung[51]), die eine Kombination zwischen der Ziehl- und Muchfärbung ist, zeigten die Granula stets einen kurzen, säurefesten Fortsatz und stellten in der Umfärbung nach Ziehl kurze, säurefeste Stäbchen dar. Kayser[26]) berichtet: »Wir spritzten zwei Tieren lediglich granulaformenhaltiges Material ein, ohne sie damit tuberkulös zu machen. Einmal jedoch gelang uns dies. Klinisch verlief der Fall, von welchem der letzterwähnte Auswurf stammte, sehr leicht.« Rosenblat[41]) äußert sich über die Bedeutung der Granula: »I. Niemals sind in käsigen tuberkulösen Massen irgendwelche besondere Formen der Tbk. zu finden. II. Die Tuberkelbazillen sind fast nie in den Zellen oder abgekapselten ausgeheilten Partien zu finden. III. Der Käse der zerfallenen Organe, in dem Granula auftreten, enthält auch T.-B. IV. Sind die T.-B. spärlich, so sind auch die Granula spärlich.« Darauf erwidert Leschke[29]): »Man dürfe keineswegs erwarten, Muchsche Granula in einem Material zu finden, welches schon nach Ziehl färbbare Bazillen ergab.« Deycke und Much[13]): »Die Muchschen Granula sind nicht zu identifizieren mit den zahlreichen säurefesten Körnchen, die sich in den Leibern der T.-B. oder auch für sich, d. h. außerhalb des Stäbchenverbandes, finden. Diese Körnchen sind fast so lange bekannt wie der T.-B. selbst. Jedem, der einige Male tuberkulöses Sputum untersucht hat, müssen sie auffallen. Dagegen können die echten Muchschen Granula einwandfrei nur in solchen tuberkulösen Geweben und Sekreten beobachtet und studiert werden, die mit anderen Färbemethoden überhaupt kein Virus erkennen lassen.«

Praktische Verwertbarkeit der Methode. Bei den meisten Autoren, die sich mit der Muchschen Färbung beschäftigten, ist alsbald das Bestreben bemerkbar geworden, festzustellen, ob die Muchsche Färbung, die auf theoretischem Gebiete sehr anregend gewirkt hat, auch praktisch verwertbar ist, besonders ob sie der bisher üblichen Ziehlfärbung überlegen ist, und man hat einerseits zahlenmäßige Vergleiche beider Methoden angestellt, anderseits die sonstigen Qualitäten der beiden Färbungen miteinander verglichen.

Leschke[29]) verurteilt zwar entschieden den zahlenmäßigen Vergleich mit der bereits obenerwähnten Begründung, daß in Präparaten, die schon säurefeste Stäbchen enthalten, Granulaformen nicht zu erwarten seien, und hält auf diese Weise die ganze Fragestellung für verfehlt. Sie wäre es aber auch dann noch nicht, wenn alle Untersucher darin einig wären, daß neben nach Ziehl färbbaren Stäbchen granuläre Formen nicht gefunden werden. Überdies muß man zu einer praktischen Bewertung einen Maßstab haben und wird also nur so bei Vergleichung der beiden Methoden nach den verschiedenen Gesichtspunkten zu einem unparteiischen Urteil gelangen können, wenn man Material ohne Auswahl nach beiden Methoden untersucht und die gewonnenen Resultate miteinander vergleicht —, wofern man nicht von vornherein, nur mit den theoretischen Folgerungen, die eventuell aus der Muchschen Färbung abgeleitet werden könnten, sich begnügend, auf ihre praktische Verwertung verzichten will.

Der Vorwurf, die Muchfärbung sei für die Praxis zu kompliziert, dürfte nicht sehr ins Gewicht fallen.

Von vielen sind Einwände gemacht worden gegen die praktische Anwendbarkeit wegen der Verwechslungsmöglichkeit der Granula mit Zelldetritus, Pigmenten, Farbniederschlägen, Kokken und Stäbchen, die keine T.-B. sind, so von Liebermeister[30]), Dold[14]), Schulz[47]), Wolff[55]), Eisenberg[15]), Berger[5]), Caan[10]), welcher sagt, daß man bei der Muchfärbung stets Niederschläge findet, auch bei der sorgfältigsten Filtration. Beyer[5]) und Frei[20]) wollen die Verwechslung mit anderen Bakterien vermieden sehen bei vorheriger Auflösung des Materials mittels

Antiformin, und Weiß schreibt »durch die Antiforminfestigkeit unterscheiden sich die T.-B. prinzipiell von allen ähnlichen Gebilden«. Daß dies aber keineswegs der Fall ist, hat bereits Weihrauch[52]) betont. Liebermeister[30]) und Eisenberg[15]) meinen, man dürfe diagnostischen Wert nur auf die Körnchenreihen legen, und zwar nur, wenn dieses Material sonst frei von anderen Bakterien ist, soll dieser Befund Beweiskraft haben. »Die Stäbchenverbände, so äußerst interessant sie auch nach der theoretischen Seite sind, sind noch zu wenig geklärt und zu vieldeutig, als daß man schwerwiegende Diagnosen in der Praxis einzig daraufhin stellen dürfte«[15]). Auch Rosenblat warnt vor einer Diagnosestellung auf Grund der Granula. »Bei gewisser Übung kann man nie vollständig sicher sein, ob die blaugefärbten Stäbchenverbände wirklich T.-B. sind oder nicht vielleicht andere säurefeste oder grampositive Bakterien und Kokken[41]).«

Der quantitative Vergleich zwischen Ziehl- und Muchfärbung ist von verschiedenen Seiten aufgenommen worden. Dold und Geipel[23]) fanden, daß nach Ziehl und Much in gleichviel Bazillen enthaltendem Material auch gleichviel Bazillen sichtbar gemacht werden. Marman[31]) stellte fest, daß nach Much mehr Bazillen gefärbt werden als nach Ziehl. Aronson[1]) hat das gleiche Ergebnis. Der Autor betont außerdem, daß junge Kulturen weder nach Ziehl noch nach Much färbbar sind. Krylow[28]) untersuchte Material aus Organen von tuberkulösen Tieren und fand, daß in einigen die Zahl der T.-B. nach Much gleich denen nach Ziehl waren. Meistens jedoch ergab die Muchsche Färbung mehr gefärbte Bazillen als die Ziehlsche.

Einmal war nach Much weniger als nach Ziehl gefärbt, 24 mal war nach Much das Resultat positiv, wo Ziehl negativ, 2 mal war nach Much das Resultat negativ, wo Ziehl positiv, und einmal war nach Much das Resultat positiv, wo Ziehl negativ (Eiter) war.

Dieser zuletzt angeführte Fall, der nach Much positiv, nach Ziehl negativ war, war, wie sich später erwies, keine Tbk.

Von 16 Sputa waren nach Much und Ziehl 5 positiv, 9 negativ, 1 wies nach Much, 1 nach Ziehl mehr Bazillen auf.

Marmann[31]) untersuchte 300 Sputa und 10 Eiterproben. Die Eiterproben waren alle negativ. In allen Fällen, wo Ziehl positiv, war auch Much positiv. Außerdem waren drei Fälle nach Ziehl negativ, während Much positiv war. Davon wurden im ersten, später T.-B. nach Ziehl nachgewiesen, im zweiten keine klinischen Erscheinungen festgestellt, im dritten acht Tage später säurefeste Stäbchen nachgewiesen.

Rosenblat fand nach Much mehr Bazillen gefärbt als nach Ziehl.

Die Folgerungen bezüglich der praktischen Verwertbarkeit der Muchmethode sind sehr verschieden ausgefallen. Niemand möchte die altbewährte Ziehlfärbung missen; während aber die einen die Muchfärbung obligatorisch wissen wollen (Betheg, Schultz), räumen ihr andere (Eisenberg, Liebermeister) höchstens da ein Recht ein, wo im Material keine Begleitbakterien vorhanden und somit Verwechslungen ausgeschlossen sind, z. B. in Lymphdrüsen, Punktaten, Cerebrospinalflüssigkeit etc. Marmann empfiehlt sie warm neben der Ziehlfärbung. Bitrolf und Momose und Rosenblat halten die Ziehlfärbung für überlegen. Erwähnenswert ist noch, daß Leschke der Muchmethode das Verdienst nachrühmt, zur Entdeckung des Erregers der Hodgkinschen Krankheit verholfen zu haben.

Eigene Untersuchungen. Ich suchte gleichfalls festzustellen, ob und in welchen Fällen die Muchfärbung herangezogen zu werden verdient. Die Färbung wurde nach der S. 115 angegebenen zweiten Muchmethode vollzogen. Es wurde stets höchstens drei Tage alte Farblösung benutzt und damit die Präparate unter Erwärmung zwei Minuten lang gefärbt. Es wurden neben vielen nichtregistrierten Untersuchungen 164 Ausgangsmaterialien zur Grundlage dieser Ausführungen gemacht. Davon waren: 151 Sputa, 8 Urine, 2 Eiter, 1 Stuhl, 1 Gewebstück, 1 Blut.

Urine, Eiter und Gewebstück waren insofern interessant, als diese auch durch den Tierversuch weiter verfolgt wurden. Die Ausstriche wurden so angefertigt, daß möglichst gleichmäßige Mengen von gleichen Stellen des Materials gegen zwei Objektträger ausgestrichen wurden und man so zwei Parallelpräparate

erhielt, — eine Methode, deren nur relativer Wert zu Vergleichszwecken mir voll bewußt ist. 110 Stück der Objekte wurden von mir im Originalausstrich und gleichzeitig in der Antiforminanreicherung nach Much und nach Ziehl gefärbt, während ich bei 54 anderen auf die Untersuchung des Originalausstriches in der Muchfärbung verzichtete, da ich aus den ersten 110 Präparaten bereits ersehen hatte, daß die zahlreichen Begleitbakterien die Entscheidung sehr erschwerten, ja unmöglich machten, ob man es wirklich mit T.-B. oder anderen Bakterien zu tun hat. Die Muchmethode gestattet also keine elektive Färbung von T.-B. Aus acht weiteren Präparaten ging hervor, daß auch die Antiforminauflösung des Materials nicht davor schützt, daß zahlreiche Begleitbakterien ungelöst bestehen bleiben und so das Urteil erschweren.

Meine Versuche ergaben, daß alle Präparate, die nach Ziehl positiv waren, auch nach Much positiv waren; daß nach Much zwei Präparate mehr positiv ausfielen als nach Ziehl und zwei andere Granulaformen von zweifelhaftem Wert aufwiesen. Mit einem Präparat, das nach Much Stäbchenformen und Häufchen von Granula aufwies, wurde der Tierversuch angestellt, dieser fiel negativ aus. Bei zwei Präparaten (1 Gewebstück und 1 Urin) waren die Ausstriche nach Much und Ziehl negativ, die Tierversuche positiv.

Außerdem untersuchte ich exstirpierte Drüsen und die Organe von Meerschweinchen stets nach beiden Methoden und hatte dabei den Eindruck, mittels der Muchfärbung eher und reichlicher Tuberkelbazillen aufzufinden als mit der Ziehlfärbung. Nie aber habe ich dabei Präparate gefunden, die nach Much T.-B. enthielten, während nach Ziehl keine vorhanden waren.

Schlußfolgerung. 1. Die Muchfärbung ist keine elektive Färbung.

2. Die nach der Muchschen Methode aufgefundenen Granula dürfen bei Material, welches zahlreiche andere Bakterien enthält, weder im Originalausstrich noch in der Antiforminauflösung als beweisend für Tbk. angesehen werden; höchstens dürfte man das betreffende Material als verdächtig bezeichnen und die nochmalige Einsendung fordern.

3. Die Muchmethode soll aber stets herangezogen werden, um bei solch verdächtig gefundenen Fällen zum Weitersuchen mittels der Ziehlschen Methode anzuregen.

4. Von Wert ist die Muchsche Methode bei sonst bakterienfreiem Material, besonders bei Untersuchungen von Drüsen- und anderen Organabstrichen (z. B. von Meerschweinchen).

5. Die häufig angeführte Kompliziertheit der Methode ist nicht sehr groß und kein Hinderungsgrund für ihre Anwendung.

6. Die nach Much dargestellten Formen des T.-B. sind keine besondere Art von Tbk.-Virus, sondern identisch mit den nach Ziehl darstellbaren.

Der Tierversuch.

Die empfindlichste Methode des T.-B.-Nachweises ist der Tierversuch. Er wird da angewandt, wo Färbe- und Anreicherungsmethoden im Stiche lassen, oder wo man im Zweifel darüber ist, ob vorhandene säurefeste Bazillen auch wirklich T.-B. sind. Der Tierversuch führt zwar langsamer als die übrigen Methoden, dafür aber mit größter Sicherheit zum Ziel.

Da es außer dem T.-B. noch andere säurefeste Stäbchen gibt, wird man je nach der Herkunft des Materials bei der Identifizierung Vorsicht walten lassen, um schwere Irrtümer zu vermeiden. Bei Exsudaten genügt die einfache Ziehl-Neelsensche Färbung, da hier andere säurefeste Stäbchen (vielleicht Actinomyces ausgenommen) nicht vorzukommen pflegen. In Sputa können andere säurefeste Stäbchen, die besonders nach dem Genusse von Butter in der Mundhöhle gefunden werden, Fehldiagnosen veranlassen. Auch säurefeste in Eiterproben sind nicht immer eindeutig. In allen solchen Zweifelsfällen sollte der Tierversuch herangezogen werden. Dagegen ist er unerläßlich bei Urinen. Denn einerseits kann dem Untersucher eine geringe Zahl der T.-B. leicht entgehen, anderseits das Vorkommen anderer unschuldiger säurefester Stäbchen in den Harnwegen sehr leicht zu der folgenschweren Fehldiagnose einer Urogenitaltuberkulose führen. Im Präputial- und Vulvasekret finden sich meistens die säurefesten Smegmabazillen, die sich zwar morphologisch anders verhalten als T.-B.,

aber dennoch infolge ihrer, wenn auch geringeren Säurefestigkeit zu Verwechslungen führen können. Man wird auch die Diagnose einer Urogenitaltuberkulose nur in jenen seltenen Fällen mit Sicherheit aus dem Originalausstrich des Urinsediments stellen können, in denen die T.-B. in den typischen sog. »Zöpfen« angeordnet vorkommen. Dold und Schern[45]) stellen den Satz auf: »Der bloß mikroskopische Nachweis von säurefesten Bazillen genügt in praxi nur bei dem Untersuchungsmaterial, bei welchem erfahrungsgemäß apathogene säurefeste Stäbchen nicht vorkommen (Sputum, Exsudat, verkäste Drüsen). In allen anderen Fällen, wenn der mikroskopische Nachweis von säurefesten Stäbchen überhaupt nicht gelingt oder wenn mit dem Vorkommen von apathogenen Säurefesten zu rechnen ist, muß der Tierversuch herangezogen werden.«

Im folgenden will ich über die Erfolge von 216 Tierimpfungen berichten, die an der Kgl. Bakt. Untersuchungsanstalt zu München angestellt wurden.

Das für den Laboratoriumsversuch geeignetste Tier ist das Meerschweinchen, da es sehr empfänglich für Tbk. ist. Es genügen oft schon vereinzelte T.-B., um es zu infizieren.

Methodik. Die Technik ist einfach und hat nur Verschiedenheiten in der Applikationsweise aufzuweisen: am einfachsten ist die folgende: Man schert die Bauchhaut des Tieres, reinigt sie mit Alkohol und legt mit steriler Schere einen kleinen Schnitt an. Dann führt man das Ausgangsmaterial mit einer sterilen Platinöse in eine Hauttasche und verklebt die kleine Wunde nachher mit Kollodium. Handelt es sich um Flüssigkeiten, so injiziert man diese mit einer Pravazspritze subkutan, oder man benutzt das Zentrifugat zur Injektion.

Auf Grund ihrer umfangreichen Untersuchungen kommen Dold und Schern[45]) zu dem Ergebnis, daß man nach 4 bis 6, im günstigsten Falle nach 3 bis 4 Wochen zum Ziele kommt.

Um schnellere Resultate zu erzielen, hat man die Applikationsweisen geändert:

Salus impfte sein Material auf Anraten von L. Rabinowitsch[43]) subkutan in die Inguinalgegend; danach soll es bereits nach 3 bis 4 Wochen zu einer merklichen Vergrößerung der Inguinaldrüsen kommen und die T.-B. in den Ausstrichen und

Schnitten der exstirpierten Drüsen nachweisbar sein. Die Drüsenexstirpation in Äthernarkose und Untersuchung auf T.-B. ohne Tötung des Tieres ist von Arthur Weber[49]) angeregt worden. Schern und Dold[45]) bezeichnen die Salussche Methode als unsicher, da einerseits die Drüsenschwellung nach drei Wochen noch gering ist und die T.-B. in den Ausstrichen nach dieser Zeit auch recht schwierig nachzuweisen sind. Ich möchte an dieser Stelle in solchen Fällen empfehlen, die Muchsche Färbemethode anzuwenden, da ich in mehreren Fällen bei Drüsenausstrichen mit ihr schneller und reichlicher T.-B. fand als mit der Ziehlschen Methode.

Ausgehend von den Arbeiten Orths und Wyssokowitschs schlug Bloch vor[7]), nach der Injektion des Untersuchungsmaterials in die Inguinalgegend (äußere Krankheitsursache) die Inguinaldrüsen zu quetschen und so eine innere Krankheitsursache zu schaffen. Bloch beschreibt sein Vorgehen der Drüsenquetschung folgendermaßen:

»Dann faßte ich die rechten Leistenfalten des Tieres zwischen Daumen und Zeigefinger und durchtastete einigemal reibend die Leistengegend, immer mit den beiden Fingern von der Tiefe zur Oberfläche gehend. Dabei kamen die Leistendrüsen als ganz kleine Knötchen zwischen den Fingern zur Wahrnehmung und wurden dabei durch festeres Zudrücken gequetscht. Denn es ist unmöglich, die winzigen und leicht ausgleitenden Leistendrüsen mit den palpierenden Fingern zu isolieren und so zu quetschen.« Bloch gibt an, nach 9 bis 11 Tagen überall, wo es sich um T.-B.-haltige Urine handelte, haselnußgroße Drüsentumoren erhalten zu haben; »immer war die Anzahl der Tuberkelbazillen in den Schnitten der gequetschten Drüsen eine ganz bedeutend größere als in den ungequetschten«.

Versuche mit Smegmabazillen hatten nach den Versuchen Webers und Möllers nach 10 bis 12 Tagen kein Resultat, jedoch konnten diese Bazillen in größerer Menge injiziert Eiterungen hervorrufen[49]). Davisdson[11]) berichtet über einen Mißerfolg mit der Blochschen Methode. »Das Urinsediment war nach der Blochschen Methode einem Meerschweinchen injiziert worden. Es stellte sich Drüsenschwellung ein und in den Drüsen konnten säurefeste Bazillen gefunden werden. Es wurde daraufhin die Diagnose Nierentuberkulose gestellt. Bei der später vorgenommenen Sektion fand sich weder in den Nieren noch in den übrigen Harnwegen eine Spur von Tbk.«

Die erste eingehende Nachuntersuchung der Blochschen Methode nahmen Joanovics und Kapsammer[25]) vor. Sie stellten sich eine Stammemulsion von T.-B. her und machten davon 6 Verdünnungen, bis zu solchen Graden, daß auf je 384 Gesichtsfelder 1 T.-B. kam. Von der Stammemulsion und den 6 Verdünnungen wurden Meerschweinchen 0,5 ccm subkutan am Oberschenkel injiziert. Nach zehn Tagen wurden die Inguinaldrüsen exstirpiert und untersucht, und selbst bei den schwächsten Verdünnungen konnten sie kleinste Herde epitheloider Zellen, deren zentral gelegene Stellen die T.-B. enthielten, nachweisen. Die Autoren meinen daher, daß die Blochsche Methode uns in den Stand setze, schon innerhalb 14 Tagen in zweifelhaften Fällen von T.-B. die sichere Entscheidung durch den Tierversuch zu treffen.

Dieterlen, der ebenfalls die Blochsche Methode nachprüfte, will dennoch bis zum Übergang der Tbk. auf die inneren Organe warten (ca. 6 Wochen), da die, einige Tage nach subkutaner Injektion von tbk.-verdächtigem Material auftretende Schwellung der gequetschten Drüsen für Tbk. nicht spezifisch ist. Lassen sich in den exstirpierten Drüsen Säurefeste nachweisen, so wächst damit die Wahrscheinlichkeit, daß es sich um Tbk. handelt. Mit Sicherheit kann man aber erst die Diagnose stellen, wenn auch die inneren Organe erkrankt sind. Dold[45]) betont die Nichtspezifität der Drüsenschwellung nach der Quetschung, da sie eine Reaktion auf das Trauma darstelle. Er schlägt vor, das Material beiderseits zu injizieren, nach 10 Tagen die Drüsen der einen und nach 2 bis 3 Wochen die Drüsen der anderen Seite zu exstirpieren. Fligg[19]) fand, daß auch die intramuskuläre Impfung bereits nach 9 bis 11 Tagen Resultate ergeben.

Seit Bestehen der Kgl. Bakt. Untersuchungsanstalt zu München bis zum 1. September 1913 wurden 216 Tierversuche angestellt, deren Verlauf ich im folgenden beschreiben werde.

Auf den Antrag des Einsenders hätte stets ein Tierversuch genügt; aus Zweckmäßigkeitsgründen (Tierverluste etc.) wurden häufig zwei, bisweilen auch mehrere Tiere infiziert, und zwar wurden, wenn das Material fremde

Tabelle II.

Ausgangsmaterial	Zahl der Einsendungen (davon positiv)	Zahl der damit angestellten Tierversuche (positiv)	Tierversuche mit Antiformin (positiv)	Tierversuche ohne Antiformin (positiv)
Urin	85 (15)	152 (19)	82 (3)	70 (16)
Eiter	8 (3)	12 (3)	6 (3)	6 (0)
Sputum	6 (1)	10 (1) (2?)	7 (1?)	3 (1) (1?)
Kniegelenkspunktat .	6 (1)	10 (1)	8 (1)	2 (0)
Liquor cerebrospin. .	4 (2)	6 (3)	2 (0)	4 (3)
Exsudate	11 (2)	20 (2)	3 (0)	17 (2)
Stuhl	1 (0)	1 (0)	1 (0)	0
Blut	3 (0)	3 (0)	3 (0)	0
Gewebsstück	1 (1)	1 (1)	1 (1)	0
Sekret	1 (0)	1 (0)	0	1 (0)
Summa:	126 (25)	216 (30) (2?)	113 (8) (1?)	103 (22) (1?)

Bakterien enthielt, diese vorher mit Antiformin abgetötet, da ja das Antiformin die T.-B. angeblich nicht schädigt. Die Tiere wurden im Tierstalle in irdenen Töpfen getrennt aufbewahrt. Jeder Topf hat ein Schild, auf welchem Namen des Pat., Journalnummer und Tiernummer und Einsender verzeichnet ist, neben einer Beschreibung des Tieres. Jedes Tier erhält außerdem, um Verwechslungen vorzubeugen, eine Ohrmarke. Über jedes Tier wird in eigens dazu angelegten Tierbüchern genau Protokoll geführt. Es wird mindestens einmal wöchentlich gewogen und eingehend auf Drüsenschwellung, Darmkatarrh etc. untersucht. Der Tierstall bedarf großer Pflege, wobei Reinlichkeit, strenge Isolierung der infizierten Tiere voneinander sowie von den gesunden Tieren und Regulierung der Temperatur und Nahrung eine große Rolle spielen. Bei unseren Versuchen wurden die Tiere subkutan in der Regio inguinalis meistens mit Drüsenquetschung geimpft.

Mit 126 verschiedenen Einsendungen wurden demnach 216 Tierversuche angestellt; 113 mit Antiforminvorbehandlung des Materials, 103 ohne dieselbe. Es wurden im ganzen 25 positive Resultate mit 30 positiven einzelnen Tierversuchen erzielt, von denen 8 auf das mit Antiformin vorbehandelte Material entfielen, 22 auf das nicht mit Antiformin vorbehandelte. Also bei 113 mit Antiformin gespritzten Tieren nur acht positive, bei 103 ohne Antiformin 22 positive Resultate. Es scheint somit doch eine erhebliche Schädigung der T.-B. durch das Antiformin einzutreten. Dieser Schluß kann aber nicht mit absoluter Sicherhei- gemacht werden, da man mir den Einwand machen kann: Vielt

leicht war eben das Ausgangsmaterial unter den oben angeführten, ohne Antiformin vorbehandelten 103 Fällen häufiger T.-B.-haltig als in den 113 anderen Fällen. Von den 126 gespritzten Tieren wurden 32 tuberkulös, und ich habe sie im folgenden geordnet nach der Zahl der Tage, in denen die ersten Anzeichen von Tbk. äußerlich an ihnen bemerkbar wurden.

Tabelle III.

Die ersten Anzeichen von Tbk. traten auf	Die Diagnose konnte gestellt werden	Material war vorbehandelt	
nach 11 Tagen	nach 25 Tagen		ohne Antiformin
» 12 »	» 65 »		do.
» 13 »	» 21 »		do.
» 14 »	» (160) »		do.
» 16 »	» 22 »	mit Antiformin	
» 16 »	» (47) »		do.
» 16 »	» (55) »		do.
» 16 »	» 16 »		do.
» 18 »	» 68 »		do.
» 19 »	» 50 »		do.
» 19 »	» (65) »		do.
» 19 »	» 59 »		do.
» 19 »	» 32 »		do.
» 20 »	» 38 »		do.
» 20 »	» 40? »		do.
» 21 »	» 27 »		do.
» 21 »	» 28 »	do.	
» 21 »	» 86 »		do.
» 22 »	» 33 »	do.	
» 24 »	» 46 »		do.
» 26 »	» 77 »	do.	
» 26 »	» 30 »		do.
» 27 »	» 21 »		do.
» 31 »	» 82 »		do.
» 32 »	» 60 »	do.	
» 35 »	» 66 (160)Tg.		do.
» 37 »	» 90 Tagen	do.	
» 37 »	» (129) »		do.
» 40 »	» (160) »	do.	
» 41 »	» 70 »		do.
» 45 »	» 62 »	do.	
» 56 »	» (93) »		do.

Betrachten wir die Inkubationszeit der einzelnen Tiere, die ich in Tabelle III der Zeit nach angeordnet habe, in der sie die ersten Tbk.-Zeichen aufwiesen, so finden wir, daß die Tiere, die mit Antiformin gespritzt wurden, größtenteils in der zweiten Hälfte der Tabelle zu finden sind. Die Inkubationszeit betrug im Durchschnitt überhaupt 25 Tage; bei den Tieren, die mit ursprünglichem Material infiziert wurden, betrug sie 23 im Durchschnitt, bei den mit Antiformin gespritzten Tieren aber 30 Tage. Dies spricht meiner Ansicht nach doch für eine Schädigung der T.-B. durch das Antiformin, und ich möchte daraus die Folgerung ziehen, daß Antiformin nur dann dem Material beizumischen sei, wenn wegen Anwesenheit zahlreicher fremder Mikroorganismen eine Sepsis oder Phlegmonie befürchtet werden muß. Aus den Protokollen der Tierversuche konnte ich auch feststellen, daß auch von den tuberkulösen Tieren keines einen plötzlichen Gewichtsverlust aufweist, eine Anschauung entgegen der Meinung in jedem Lehrbuch, als ob dieses ein unausbleibliches Symptom der Infektion sei.

Wenn die Tbk. einen Gewichtsverlust bewirkt, geschieht dies in einem Stadium, wo die Diagnose bereits längst entschieden ist; das Wägen der Tiere hat also keinen diagnostischen Zweck. Es kann aber trotzdem empfohlen werden, da damit Veranlassung zu einer gleichzeitigen eingehenderen Untersuchung des Tieres gegeben ist.

Aus Tabelle III geht ebenfalls hervor, nach wieviel Tagen eine Diagnose bei den positiven Fällen abgegeben werden konnte. Es war dies im frühesten Falle nach 16, im spätesten nach 90 Tagen. Die in der Tabelle eingeklammerten Zahlen kommen für die Diagnose nicht in Betracht, da es sich hier um Paralleltiere handelt, bei denen die Diagnose bereits vorher durch ein anderes Tier gestellt war. Im Durchschnitt konnte die Diagnose nach 74 Tagen abgegeben werden.

Eine sehr beachtenswerte Tatsache sind die Tierverluste. Sie beliefen sich bei unseren 216 Versuchstieren auf 72. Dies sind 33⅓%; also ein Drittel aller geimpften Tiere gingen nutzlos zugrunde. Diese Zahl ist, wie jeder zugeben wird, sehr groß.

Ob sie an anderen Anstalten größer oder kleiner ist, weiß ich nicht. Daß sie bei der überaus sorgsamen Pflege, die die Tiere bei uns genießen, dennoch eine solche Höhe erreichte, hängt mit der großen Empfindlichkeit der Meerschweinchen zusammen. Oft bedingen rein zufällige Ereignisse eine große Mortalität. So starben unter den Tieren während eines durch Erkrankung des Stalldieners bedingten Personalwechsels innerhalb 6 Tagen 16 Tiere an interkurrenten Krankheiten. Hauptsächlich aber dürften die baulichen Verhältnisse des Tierstalles, die bei der Münchener Anstalt keine sonderlich günstigen sind, den größten Einfluß auf die Mortalität haben. Abgesehen von dem ökonomischen Schaden, den die Tierverluste bedingen, verzögern sich die Resultate oft um mehrere Wochen, da häufig Neueinsendungen des Materials erforderlich wird.

Der beschleunigte Tierversuch.

Die lange Dauer des Tierversuchs hat mehrere Untersucher bewogen, das Tierexperiment abzukürzen. Damsch schlug die Impfung in die vordere Augenkammer vor; danach sollen nach drei Wochen in der Iris deutliche Tuberkel auftreten. Aber abgesehen davon, daß diese Methode sehr große technische Fertigkeiten erfordert, soll es sehr häufig bei Vorhandensein einer Mischinfektion zu einer Panophthalmie kommen, welche das Resultat zunichte macht.

Der beschleunigte Tierversuch nach Oppenheimer. Oppenheimer[36]) gab im Oktober 1911 eine neue Methode des »beschleunigten Tierversuchs« an, der die oben angeführten Nachteile nicht anhängen. Er schreibt:

»In dem Bestreben, eine Methode zu finden, welche auf sichere und einfache Weise den Tbk.-Nachweis ermögliche, ging ich von dem Gedanken aus, die Impfung in ein Organ zu verlegen, das dank seiner anatomischen Beschaffenheit die Tuberkelknötchen in frühen Stadien erkennen lasse und zudem der Weiterentwicklung der T.-B. gute Chancen böte. Beide Bedingungen schien die Leber zu erfüllen. Denn in dem glatten braunen Felde der Leber heben sich nicht nur, wie wir uns gelegentlich früherer Untersuchungen überzeugen konnten, die gelblich verfärbten T.-B. frühzeitig und deutlich ab, sondern die Erfahrung lehrt auch, daß nach Einbringung von T.-B. in die Blutbahn gerade die blutreichen Organe Leber und Milz zuerst erkrankten.«

»Die Technik der intrahepatischen Impfung ist eine sehr einfache. Da nämlich beim Meerschweinchen die Leber sehr groß ist und nicht

wie beim Menschen im rechten Hypochondrium liegt, sondern sich symmetrisch über den Bauchraum erstreckt, so überragt sie namentlich unterhalb des Sternums den Brustkorb und ist daher an dieser Stelle leicht erreichbar. Wir stechen, ohne zunächst die Spritze aufzusetzen, dicht unterhalb des Brustbeins einmal in der Richtung nach links oben, ein zweites Mal nahe derselben Stelle nach rechts oben, 1¼ cm tief ein. Ein tieferes Einstechen ist zu widerraten, da sonst die Leber leicht durchbohrt wird. Die Kanüle liegt im Lebergewebe, wenn sie die Atembewegung des Tieres rhythmisch mitmacht. Den dritten Einstich führen wir mit aufgesetzter Spritze aus, indem wir in der rechten Mammillarlinie dicht unterhalb des Rippenbogens eingehen und die Nadel ca. 2 cm fast senkrecht gegen das Zwerchfell nach oben schieben.«

Oppenheimer injizierte das Sediment von vier Zentrifugenröhrchen, welches mit 6 ccm Harn der betreffenden Versuchsperson aufgeschüttelt wurde und zwar an jeder Einstichstelle 1 ccm. Bereits nach 16 Tagen, bei Vorhandensein sehr virulenter Bazillen sogar bis herab bis zu 5 Tagen, ließ sich eine Miliartuberkulose der Leber und Milz nachweisen. Auf der Oberfläche und im Durchschnitt der Leber zeigte sich eine Aussaat kleiner gelbweißer Stellen, die Punkt- oder strichförmig waren, vielfach war auch das Ligamentum suspensorium hepatis von Knötchen durchsetzt. In allen Fällen war die Milz beträchtlich vergrößert und zeigte sowohl an der Oberfläche wie auch im Durchschnitt Knötchen. Überhaupt war die Erkrankung der Milz ausgesprochener und trat, wie sich aus der Sektion vorzeitig getöteter Tiere ergab, früher in Erscheinung als die der Leber. M i k r o s k o p i s c h zeigten die Knötchen eine umschriebene Anhäufung von epitheloiden Zellen mit geringer Rundzellenanhäufung. Die Knötchen zeigten auch nach längerer Zeit nur geringe Tendenz zur Riesenzellenbildung und Verkäsung. In den Milztuberkeln war die Riesenzellenbildung deutlicher ausgesprochen. T.-B. konnten auf dem Schnitt nur in der Hälfte der Fälle nachgewiesen werden. Das Material der Tiere, deren Leber die geschilderten Verhältnisse aufwies (ohne daß der T.-B.-Nachweis gelang?), wurden auf sechs weitere Tiere verimpft, von denen zwei vorzeitig zugrunde gingen und vier tuberkulös wurden. Sechs intrahepatisch geimpfte Tiere wurden am Leben gelassen; davon gingen drei nach 4½ Wochen an Tbk. zugrunde, die drei anderen wiesen bei der Tötung nach 3 bis 4 Wochen eine disseminierte Tbk. aller Organe auf.

Somit war der Beweis erbracht, daß die intrahepatische Impfung beim Meerschweinchen Tbk. hervorrufen kann.

Daß andere Infektionserreger nicht die gleichen Erscheinungen hervorrufen wie der T.-B., geht aus folgenden Versuchen hervor: Ein Harn, der den Staphylococcus albus enthielt, wurde ebenfalls intrahepatisch auf ein Tier verimpft, und bereits nach 5 Tagen ging es zugrunde. Die Sektion ergab einen ca. kirschkerngroßen Abszeß in der Leber, der keine T.-B. enthielt. Andere Harne, die keine T. B. enthielten, vermochten keine der oben als Tbk. charakteristisch bezeichneten Leber- und Milzveränderungen hervorrufen.

Im ganzen wurden 17 Tiere mit T.-B.-haltigen Urinen geimpft; sämtliche Tiere wiesen nach 16 Tagen die geschilderten Veränderungen auf. Bei

23 Tieren wurde nicht tuberkulöses Material verwandt und keines der Tiere zeigte ähnliche Erscheinungen. Daraus schließt Oppenheimer: »Die intrahepatische Impfung scheint ein empfindliches Reagens auf Tbk. zu sein.«

Nachprüfungen der Methode wurden bereits von Esch[16]) vorgenommen.

Eigene Untersuchungen. Meine Versuchsreihen mußten sich leider äußerer Umstände halber auf ein nur geringes Material beschränken. Zunächst suchte ich festzustellen, wie das injizierte Material sich in der Leber verteilte. Die ersten Impfversuche fanden mit einer Methylenblaulösung und mit Tuscheaufschwemmung statt. Zuerst gingen mir mehrere Impfungen fehl, indem sich bei der Sektion herausstellte, daß das Material entweder in die Lungen oder in den Magen sich ergossen hatte. Jedoch bald gelang die Einführung der Nadel in die Leber. Bei der Sektion konnte man sehen, daß das ganze Organ mit der Farbe vollkommen injiziert war, und daß wenige Minuten nach der Injektion der Farbstoff bereits in den intestinalen Lymphdrüsen nachweisbar war. Einen Transport bis in die Milz hatte ich in keinem Falle abgewartet.

1. Versuchsreihe. Ich infizierte alsdann 3 Tiere mit einer T.-B.-Aufschwemmung einer 5½ Wochen alten Glyzerinascitesagarkultur. Die Aufschwemmung wurde folgendermaßen hergestellt: In 20 ccm physiologischer Kochsalzlösung wurde eine Öse Kultur verrieben, gut durchgeschüttelt, dann einige Stunden sedimentiert. Im Durchschnitt fand sich in einem Gesichtsfeld des von der Aufschwemmung hergestellten Ausstrichpräparates ein T.-B., also die Konzentration, die einem reichlich T.-B.-haltigen Urin entspricht. Jedem der 3 Tiere injizierte ich 1 ccm dieser Flüssigkeit nach der Oppenheimerschen Methode.

Die Impfung fand am 7. Dezember 1912 statt.

Tier 1. Im Laufe der Beobachtung keine Gewichtsabnahme, keine Drüsenschwellung. Das Tier wurde am 20. XII. 12 (13 Tage post infectionem) getötet. Die Sektion ergab: Leber stark vergrößert und hyperämisch, mit einzelnen gelblichen Punkten, Milz etwas vergrößert, Mesenterialdrüsen stark vergrößert. Im Zwerchfell kleine Tuberkel, Lunge o. B.

Mikroskopisch: Im Originalausstrich folgender Organe befanden sich T.-B.: Milz (am meisten), Leber, Zwerchfell. Außerdem in der Antiformin-anreicherung der Drüsen.

Tier 2. Wurde am 30. XII. 12 getötet, d. i. 3 Wochen post infectionem. Auch hier war in der Beobachtungszeit keine Gewichtsabnahme und nur eine geringe Schwellung der Inguinaldrüsen zu bemerken. Sektion ergab: Kleine Inguinaldrüsen, Leber sehr stark vergrößert und hyperämisch, Milz mit

Tuberkulin übersät und stark vergrößert, Lunge zahlreiche glasige Tuberkel, Zwerchfell mit Knötchen dicht übersät, mediastinale und mesenteriale Drüsen verkäst. Einstichstelle vereitert, Eiter enthält T.-B. In sämtlichen angeführten Organen zeigten sich im mikroskopischen Bild sehr reichlich T.-B.

Tier 3. Wurde am 7. I. 13 getötet; also 4 Wochen nach der Infektion. Es zeigte denselben Sektionsbefund wie Tier 2.

Die Impfung selbst vertrugen die Tiere gut; eines erlitt einen schweren Shok, von dem es sich aber bald erholte.

Durch diese Versuche ist der Beweis erbracht, daß diese Methode gangbar ist, und daß mit einem allerdings günstigen Material bereits nach 13 Tagen Tbk. nachweisbar war, während nach unserer Tabelle III die kürzeste Zeit, nach welcher ein positiver Befund erhoben werden konnte, 16 Tage (im Durchschnitt 74 Tage) betrug.

2. Versuchsreihe. Zu einer zweiten Versuchsreihe verwandte ich Urine, in welchen mikroskopisch T.-B. festgestellt worden waren.

Tier 1 (Es handelte sich um Zopfformen von T.-B.) ging nach 3 Tagen an Stallseuche zugrunde. Sektion o. B. Das subkutan infizierte Paralleltier ging nach 5 Tagen an Stallseuche zugrunde. Sektion o. B.

Tier 2 wurde mit nochmals eingesandtem Material desselben Falles wie Tier 1 infiziert. Das Tier ging am 7. Tage zugrunde. Ein subkutan infiziertes Paralleltier starb ebenfalls nach 7 Tagen. Beide Sektionen o. B.

Tier 3 starb 1 Tag nach der Infektion. Das Paralleltier wies bei der Sektion nach 37 Tagen keinen tuberkulösen Befund auf.

Tier 4 (Material tbk.-haltiger Urin) wurde 21 Tage post infect. seziert und wies vergrößerte Milz und Leber auf, beide mit Knötchen übersät; in allen Organen waren T.-B. nachweisbar. Die Axillardrüsen waren vereitert und enthielten ebenfalls T.-B. Das Paralleltier zeigte die ersten Anzeichen der Tbk. bereits nach 13 Tagen.

Diese wenigen Versuche ergeben: Die Oppenheimersche intrahepatische Impfung führte bei günstigem Material innerhalb 13 bis 21 Tagen zu einem positiven Resultat. Ein sehr günstiges Ergebnis gegenüber unserem Durchschnittszeitraum von 74 Tagen. Endgültige Schlußfolgerungen kann man bei diesem geringen Material selbstredend nicht daraus ableiten. Die große Mortalität dürfte nicht auf die Methode zu schieben sein, da ja auch bei der gewöhnlichen Impfung 33⅓% der Tiere zugrunde gingen. Ein Nachteil der Methode ist, daß das Tier nach verhältnismäßig kurzer Zeit getötet werden muß, ohne Rücksicht darauf, ob äußere Anzeichen von Tbk.-Erkrankung vorhanden sind oder nicht, so daß es im Falle eines negativen Ausfalles ungewiß bleibt, ob das Resultat richtig ist. Die Inkubationszeit betrug bei uns im Durch-

schnitt bei subkutaner Injektion 25 Tage; im längsten Falle dauerte sie 56 Tage. Oppenheimer will bereits nach 16 Tagen durch Tötung des Tieres zur Diagnose gelangen. Mag die Inkubationszeit bei der intrahepatischen Impfung auch kürzer sein als bei der subkutanen, so wird man sich bei den großen Schwankungen doch schwerlich entschließen können, selbst wenn das Tier erst nach 30 Tagen getötet wird, bei negativem Befund eine Tbk. für ausgeschlossen zu erklären. Will man also die Diagnose wirklich in dem Sinne Oppenheimers beschleunigen, so ist man gezwungen, eine Reihe von Tieren mit dem Ausgangsmaterial zu impfen und nach gewissen Zeitabständen zu töten. Vor dem Ablauf von ca. zwei Monaten aber wird man mit der Abgabe einer Diagnose im negativen Sinn zurückhalten müssen. Wir kommen also zu dem Schlusse: Mit der Oppenheimerschen intrahepatischen Impfung kann man bei entsprechenden Opfern von Tieren schneller zu einer **positiven** Diagnose gelangen als mit der subkutanen Methode. Ob dieses aus materiellen Gründen für die Untersuchungsämter durchführbar ist, wage ich nicht zu entscheiden.

Die intrakutane Tuberkulinreaktion nach Esch. Etwa 1 Jahr später als Oppenheimer gab Esch in der M. Med. Wochenschr. 1912, Nr. 39, eine Methode an, die das gleiche Ziel wie das von Oppenheimer angegebene Verfahren verfolgt unter dem Titel: »Die Anwendung der intrakutanen Tuberkulinreaktion als Hilfsmittel zum beschleunigten Nachweise durch den Tierversuch.« Nach Eschs Meinung ist die auf subkutane Infektion hin auftretende Drüsenschwellung nicht spezifisch für Tbk., und eine Erweichung der Drüsen mit dem Befund von Säurefesten könne auf Transport von ev. miteingebrachten saprophytischen Säurefesten beruhen. Er empfiehlt deshalb seine Methode, »mit deren Hilfe es gelingt, einwandfrei und zugleich rasch eine Infektion beim Meerschweinchen festzustellen.« Seine Versuche fußen auf den von Römer[38]) und den von Römer und Joseph[39]) gemeinsam ausgeführten Untersuchungen über die Inkubationszeit der experimentellen Tbk. beim Meerschweinchen.

Zur Klärung dieser Frage bedienten sich die beiden Autoren erfolgreich der Empfindlichkeit der tuberkulös gemachten Meerschweinchen gegenüber Tuberkulin. Sie zeigten, daß die intrakutane Injektion von Tuberkulin beim tuberkulösen Meerschweinchen eine außerordentlich charakteristische und spezifische lokale Reaktion im Gefolge hatte. Römer und Joseph haben an 300 Meerschweinchen die intrakutane Tuberkulinreaktion mit 0,02 ccm staatlich geprüftem Tuberkulin (Behring-Werk) in einer weiter unten angegebenen Methode geprüft und geben an, daß eine lokale Reaktion nur ausbleibt bei gesunden, d. h. noch nicht künstlich mit Tbk. infizierten und auch nicht spontan tuberkulös erkrankten Meerschweinchen.

»Nur in ganz vereinzelten Ausnahmefällen bleibt eine Lokalreaktion auch bei tuberkulösen Tieren aus, nämlich dann, wenn es sich um in den letzten Stadien des Prozesses, wenige Tage vor dem Tode stehende Tiere oder um Meerschweine handelt, die an anderweitigen schweren Infektionen erkrankt sind. Eine positive Reaktion weist dagegen mit absoluter Sicherheit auf eine stattgehabte Infektion mit lebenden Tuberkelbazillen hin. Wir haben eine positive Reaktion noch niemals bei nicht tuberkulös infizierten Tieren beobachtet, auch dann nicht, wenn dieselben wiederholt mit Tuberkulin, speziell intrakutan injiziertem Tuberkulin behandelt waren. Es hat daher die intrakutane Reaktion bei Meerschweinen einen streng spezifischen Charakter und ist daher von hoher diagnostischer Bedeutung.«

Nach Römer und Joseph entspricht der stärkste und frühzeitigste Eintritt der Reaktion der stärksten Dosis Tuberkulin, die man injiziert hat. Die Intensität der Reaktion nimmt zu mit der Entwicklung des Tbk.-Prozesses im Organismus. Sie wollten mit ihren Versuchen nur jenes Inkubationsstadium feststellen, welches vergeht vom Moment der Infektion bis zum Auftreten der Tuberkulinüberempfindlichkeit, gemessen mit der intrakutanen Reaktion. Sie spritzten daher eine Tiergruppe mit fallenden Dosen von Tuberkulin in die Cutis und fanden bei einer Menge von $^1/_{10000}$ ccm Tuberkulin eine Inkubationszeit von 23 Tagen, bei Dosen von $^1/_{10\,000\,000}$ bis $^1/_{100\,000\,000}$ ccm eine Inkubationsfrist von einem Monat und kamen zu dem Schlusse: »Es kann das Inkubationsstadium im biologischen Sinne beim Meerschwein unter geeigneten Bedingungen selbst drei Monate dauern.« (Bei einem ihrer Tiere dauerte es sogar $3\frac{1}{2}$ Monate.)

Hinsichtlich der Technik der intrakutanen Injektion und der Beurteilung der Reaktion zitiert Esch die Vorschriften Römers in folgendem Auszuge, den auch ich hier folgen lasse:

»Zur Injektion werden beim Meerschweinchen die seitlichen Brust- und Bauchpartien benutzt, und zwar am zweckmäßigsten eine weiße Hautstelle. Vor Vornahme der Injektion wird zunächst eine chemische Depilierung in der Weise vorgenommen, daß die Tiere an der gewünschten Stelle mit einer gebogenen Schere kurz geschoren werden, und daß dann Kalziumhydrosulfidbrei in mäßig dicker Schicht aufgetragen wird. Nach 2 bis 3 Minuten wird mit Wasser das Kalziumhydrosulfid abgewaschen, wobei gleichzeitig eine vollständige Enthaarung der bestrichenen Körperteile eintritt. In der Mitte der enthaarten Fläche wird in eine zwischen dem linken Daumen und Zeigefinger erhobenen Hautfalte mit Hilfe einer mit einer sehr feinen Kanüle armierten Pravazspritze genau 0,1 ccm Gesamtflüssigkeit in der 0,02 ccm Tuberkulin enthalten sind, injiziert (d. h. 0,1 ccm einer Verdünnung von Tuberkulin in physiologischer Kochsalzlösung im Verhältnis 1:5). Die Injektion wird möglichst dicht unter die Oberhaut ausgeführt, so daß eine erbsengroße Beule entsteht, die weder durch Streichen noch durch Massieren verteilt werden darf. Die Kontrolle des Impferfolges wird nach 24 und 48 Stunden vorgenommen. Tuberkulosefreie Meerschweinchen zeigen in einzelnen Fällen nach 24 Stunden eine geringe Rötung und Schwellung — eine leichte traumatische Reizung —, die aber nach 48 Stunden vollkommen verschwunden ist. Diese Reizung läßt sich in der Regel, wie wir gleich sehen werden, von der bei tuberkulösen Tieren zu dieser Zeit auftretenden Reaktion leicht unterscheiden.

Bei hochgradig tuberkulösen Tieren beobachtet man schon nach 18 bis 24 Stunden eine bis zu zweimarkstückgroße Schwellung (Quaddelbildung), über der die Haut meist stark verfärbt ist. Diese Verfärbung zeigt sich in Form einer kleinen zentralen Rötung, umgeben von einer porzellanweißen, ringförmigen Zone, die ihrerseits wiederum von einer Rötung umgeben ist. Die zentrale Rötung kann in anderen Fällen noch intensiver sein und in einem bis markstückgroßen Blutextravasat bestehen. Nach 48 Stunden macht sich dann eine grünliche Verfärbung des Blutextravasats geltend. Diese intensive Rötung wird in den folgenden Kontrollen mit † † † gekennzeichnet.

Weiter findet sich eine charakteristische Reaktion, die ebenfalls mit der erwähnten traumatischen Reizung keine Ähnlichkeit hat; sie erscheint in der Regel aber erst nach 36 bis 48 Stunden. Sie besteht gleichfalls in einer Quaddelbildung, bei der aber die durch den zentralen Bluterguß bedingte Verfärbung fehlt. Sie wird mit † † bezeichnet.

Als dritte und leichteste Form wird eine noch nach 24 Stunden (im Gegensatz zu der traumatischen) bestehende Reaktion beobachtet. Sie ist charakteristisch durch eine Schwellung zirkumskripter Art mit deutlicher Rötung, aber ohne die typische Quaddelbildung. Sie unterscheidet sich also von der flüchtigen, rein traumatischen Reizung an erster Stelle durch die lange Dauer der Reaktion. Sie wird mit † gekennzeichnet. Sie tritt nach den

Ergebnissen von Römer und meinen eigenen Erfahrungen im Beginne des Tbk.-Prozesses auf, wenn bisweilen das Vorhandensein einer anatomischen Tbk. makroskopisch noch nicht erkennbar ist.

Zusammenfassend unterscheiden wir also 3 Reaktionen, und es bedeutet in unseren Protokollen:

† † † = Quaddelbildung mit zentralem Blutextravasat;
† † = Quaddelbildung ohne zentrales Blutextravasat;
† = Schwellung und Rötung mit nachfolgender Knötchenbildung.«

Römer und Joseph hatten die intrakutane Tuberkulinreaktion lediglich angestellt, um die Frage der Inkubationszeit der Tbk. beim Meerschwein zu beantworten, und begannen mit der intrakutanen Prüfung erst am 21. Tage. Esch dagegen bezweckte eine Beschleunigung des Tierversuches. Er begann daher die intrakutane Prüfung bereits am 6. Tage nach der Infektion.

Im ersten Teile seiner Abhandlung vom 24. September 1912 verglich[16]) er die Wirkung der 0,02 ccm des intrakutan einverleibten Tuberkulins mit derjenigen von 0,5 ccm subkutan verabreichten Tuberkulins und kommt zu dem Ergebnis, daß die diagnostische Verwertbarkeit der subkutanen Impfung sehr gering ist, insofern als man aus dem Verhalten der Körpertemperatur der Meerschweine nach Tuberkulingabe keinen Schluß auf das Vorhandensein oder den Grad der Tbk. ziehen kann. Er gibt folgende Vorschriften bei der Anwendung seiner Methode:

»Das Untersuchungsmaterial wird in der bisher üblichen Weise vor der Injektion behandelt. Vorsichtshalber (Tierverluste) werden 2 Meerschweine infiziert, und zwar eines mit einer größeren Menge als das andere. Vor oder wenigstens gleichzeitig mit der Injektion des Untersuchungsmaterials werden die Tiere der intrakutanen Tuberkulinimpfung unterzogen, um eine spontane Tbk. auszuschließen oder mindestens vorzeitig zu erkennen. Am 6. Tage und 3 Tage später wird das Tier, welches die größte Menge des Untersuchungsmaterials bekam, intrakutan auf Tuberkulinüberempfindlichkeit geprüft, weil die begründete Aussicht vorhanden ist, daß diese Tiere eher positiv reagieren. Vom 9. Tage nach der Infektion ab wird bei beiden Tieren abwechselnd in Intervallen von 3 Tagen das Tuberkulin intrakutan injiziert. Ist die Reaktion positiv ausgefallen, so wird das betreffende Meerschweinchen getötet, damit die biologische durch die anatomische Diagnose erhärtet wird. Ist die Reaktion bis Ende der 6. Woche negativ ausgefallen, so wird ebenfalls ein Tier getötet, damit auch anatomisch eine Tbk. ausgeschlossen wird. Ist der anatomische Befund nicht absolut eindeutig, so wird das zweite Tier erst nach der 8. Woche getötet.«

Ein durch die wiederholte Tuberkulinimpfung bedingtes Eintreten einer Immunität der Tiere ist nach den experimentellen Beweisen Römers und Josephs[39]), sowie Eschs[16]) nicht zu befürchten.

Auf die Kontroverse, die sich zwischen Oppenheimer und Esch im Anschluß an die Veröffentlichungen der von den Verfassern angegebenen Methoden entspann, hinsichtlich des Vorranges der jeder ihrer Methoden für die Beschleunigung des Tierversuches gebühre, will ich hinweggehen, insofern als mich nur die Anwendbarkeit der Methoden an sich neben den übrigen interessiert. Jedoch muß ich einen wichtigen Satz aus Eschs Erwiderung vom 28. Januar 1913[17]) zitieren, da er für die Praxis wichtig ist. »Niemals blieb die intrakutane Reaktion aus, wenn anatomisch eine Tbk. nachweisbar war.« (NB. mit Ausnahme der bereits von Römer angeführten Tiere, die kurz ante exitum standen.)

Aus der Erwägung heraus, daß man also mittels der intrakutanen Prüfung der Tiere den Zeitpunkt der Tötung ev. einer Drüsenexstirpation fixieren kann, muß man diese Methode als Hilfsmittel bei dem gewöhnlichen Vorgehen begrüßen. Niemand dürfte sich aber finden, der auf einen positiven Ausfall der Reaktion ohne positiven anatomischen und bakteriologischen Befund sich für die Diagnose einer Tbk. wird entschließen können. Esch selbst fordert die Erhärtung der Diagnose durch die Tötung des Tieres.

Meine eigenen mit der intrakutanen Methode angestellten Versuche verfolgten nicht ganz denselben Zweck, der Esch vorschwebte, sondern ich wollte lediglich den Verlauf der Impfung zunächst bei sicher tuberkulösen Tieren, bei nicht tuberkulösen Tieren und bei zweifelhaften Tieren untersuchen, um dann die Verwertbarkeit der Methode als Hilfsmittel bei den bakteriologischen Untersuchungsanstalten zu beleuchten.

Im großen ganzen hielt ich mich bei meiner Versuchsanordnung an die Vorschriften Römers und Eschs. Nur der Ort der Applikation änderte ich, indem ich als Injektionsstelle nicht die Bauchhaut, sondern den hinteren Teil des Rückens wählte, und zwar aus dem Gesichtspunkte heraus, daß an dieser Stelle weniger eine Sekundärinfektion der Impfstelle zu befürchten war als am Bauche,

der bei den Tieren oft durch Kot und Urin etc. verschmiert wird. Nach der intrakutanen Impfung salbte ich die Tiere an der enthaarten Stelle mit einer indifferenten Fettsalbe ein, um die nachträglichen Reizwirkungen des Kalziumhydrosulfidbreis möglichst auszuschalten. Ich stellte zwei Versuchsreihen an:

1. Versuchsreihe.

In der 1. Versuchsreihe wurden intrakutan geimpft:

a) 6 sicher tuberkulöse Tiere,

b) 2 gesunde Tiere (Kontrolle), und der Verlauf der Impfung 6 Tage lang kontrolliert; am Schluß folgte die Sektion.

1. Tier. (Sicher tuberkulös.) Das Tier war am 22. X. 12. mit der Milz eines Meerschweinchens, das mit verdächtigen Erscheinungen erkrankt war, ohne daß Tbk. nachgewiesen werden konnte, geimpft worden. Jenes Tier, von welchem die Milz stammte, war mit Sputum infiziert worden, welches verdächtige säurefeste Stäbchen enthielt.

Am 27. XII. 12 ergab eine Drüsenexstirpation Tuberkelbazillen in der Drüse.

Am 15. I. fand die intrakutane Tuberkulininjektion mit dem folgenden Verlauf statt; 85 Tage nach der Injektion.

Verlauf der Impfung:

1. Tag: Zweimarkstückgroßer entzündlicher roter Hof, Einstichstelle sichtbar, lokale Temperatur erhöht.
2. Tag: Leichte Infiltration von Quaddelbildung, Druckschmerz.
3. Tag: Leichte Infiltration von Quaddelbildung, Druckschmerz.
5. Tag: Starke Infiltration mit Nekrose, Druckschmerz.
6. Tag: Starke Infiltration mit Nekrose, Druckschmerz.

Resultat der Impfung: † † †.

Am 23. I. 13 Sektion: Befund: Beiderseits bohnengroße, nicht verkäste Inguinaldrüsen, Leber sehr blutreich, vergrößert, mit kleinen Knötchen besetzt, die an einer Stelle des unteren Randes der Leber konfluieren. Milz schwach vergrößert, eine peritoneale nicht verkäste Drüse. In der Lunge zahlreiche frische glasige T.-B.

Miskroskopisch: T.-B. positiv.

2. Tier. (Sicher tuberkulös.) Das Tier war am 30. IX. 12 mit Urin, in dem keine T.-B. nachweisbar waren, infiziert worden. Am 30. X. 12 wurde die rechte Inguinaldrüse exstirpiert und T. B. darin nachgewiesen.

Verlauf der Impfung:

1. Tag: Zehnpfennigstückgroße Quaddel, um die Einstichstelle weißer, anämischer Fleck.
2. Tag: Rötung, Quaddelbildung, großer Druckschmerz.
3. Tag: Rötung abgeklungen.
5. Tag: Nekrose um die Einstichstelle.
6. Tag: Nekrose viel stärker.

Resultat der Impfung: † † †.

Am 15. I. 13 Intrakutanprüfung; 107 Tage nach der Impfung. Am 23. I. 13 Sektion. Befund: Inguinaldrüsen kirschkerngroß, Milz und Leber stark vergrößert und mit Knötchen durchsetzt. In der Lunge beginnende Knötchenbildung.

Mikroskopisch: T.-B. positiv.

3. Tier. (Sicher tuberkulös.) Das Tier war am 2. X. 12 mit Cerebrospinalflüssigkeit subkutan infiziert worden. Im Ausstrich waren keine T.-B. nachweisbar. Durch das Parallеltier war am 27. XII. 12 die Diagnose: Tbk. gestellt worden.

Am 15. I. 13 intrakutane Tuberkulinprüfung; 105 Tage nach der Infektion. Resultat: † † †.

Verlauf der Impfung:

1. Tag: Leichte Rötung der Haut im Umkreis der Einstichstelle.
2. Tag: Intensive Rötung, starke, ca. zweimarkstückgroße Infiltration, Druckschmerz.
3. Tag: Sehr starke Reaktion, etwas bläuliche Verfärbung.
5. Tag: Beginnende Nekrose um die Einstichstelle.
6. Tag: Starke Nekrose.

Am 23. I. 13 Sektion. Befund: Rechte Inguinaldrüse kirschkerngroß, linke linsengroß, Leber vergrößert, einige Knötchen aufweisend. Milz stark vergrößert und mit reichlichen Knötchen besetzt. Lunge infiltriert und mit T.-B. übersät. Retroperitoneale Drüsen o. B.

Mikroskopisch: T.-B. positiv.

4. Tier. (Sicher tuberkulös.) Am 9. X. 12 geimpft mit Urin, in welchem keine T.-B. nachgewiesen sind.

Am 13. XI. 12 Drüsenexstirpation mit T. B.-Nachweis.

Am 15. I. 13. Intrakutane Tuberkulinimpfung; 88 Tage nach der Infektion.

Verlauf der Impfung:

1. Tag: Um die Einstichstelle ca. linsengroßes Infiltrat.
2. Tag: Infitrat stärker, Rötung gering.
3. Tag: Infiltrat stärker, Rötung gering.
5. Tag: 3 kleine Nekrosen.
6. Tag: 3 kleine Nekrosen.

Resultat: † † †.

Am 23. I. 13 Sektion. Befund: Rechte Inguinaldrüse haselnußgroß, Packet von 3 Drüsen, links Inguinaldrüse mit der Bauchwand verwachsen, Leber vergrößert mit Knötchen und gelblich verfärbten Streifen am Rande. Milz stark vergrößert und mit Knötchen besetzt. Peritoneale und mesenteriale Drüsen vergrößert. Die Lunge weist frische, opake und glasige Knötchen auf. An den unteren Teilen besonders zahlreich.

Mikroskopisch: T.-B. positiv.

5. Tier (sicher tuberkulös).

Am 11. XI. 12 geimpft mit Urin, der keine T.-B. aufweist.

Am 27. XI. 12 Drüsenexstirpation mit T.-B.-Nachweis.

Am 15. I. 13 intrakut. Tuberkulinimpfung; 65 Tage nach der Impfung.

Verlauf der Impfung:

1. Tag: Zweimarkstückgroße Infiltration, diese nur bei Faltung der Haut, nicht aber beim Darüberstreifen zu bemerken.
2. Tag: Zweimarkstückgroße Rötung und Infiltration. In deren Mitte um die Einstichstelle porzellanweißer, ca. pfenniggroßer Bezirk. Druckschmerz.
3. Tag: Nekrose an der gestern weißen Stelle, aber kleiner als diese.
5. Tag: Nekrose pfenniggroß.
6. Tag: Nekrose pfenniggroß mit Zellenbildung.

Resultat: † † †.

Am 22. I. 13 Sektion. Befund: Tbk. aller Organe.

Mikroskopisch: T.-B. positiv.

6. Tier. (Sicher tuberkulös.) Am 31. X. 12 infiziert mit einem auf Tbk. verdächtigen Gewebsstück, in dem keine T.-B. nachweisbar waren.

Am 19. I. 13 Drüsenexstirpation mit Nachweis von T.-B.

Am 15. I. 13 intrakut. Tuberkulinprüfung; 76 Tage nach der Impfung

Verlauf der Impfung:

1. Tag: Zweimarkstückgroße Infiltration mit leichter Rötung.
2. Tag: Rötung ausgesprochener.
3. Tag: Sehr starke Rötung, um die Einstichstelle weißer Hof, Druckempfindlichkeit.
5. Tag: Nekrose mit großer Druckempfindlichkeit.
6. Tag: Nekrose pfennigstückgroß, ganz schwarz.

Resultat: † † †.

Am 23. I. 13 Sektion. Befund: Leber stark vergrößert, Milz ebenso, beide mit reichlichen Knötchen besetzt, in der Lunge auch zahlreiche Tuberkelknötchen, Drüsen vergrößert.

Miskroskopisch: T.-B. in allen Organen positiv.

7. Tier. (Kontrolltier I.) Gesundes Tier.

1. Tag: Einstichstelle sichtbar; auch an den ff. Tagen; keine Reaktion, keine Druckschmerzhaftigkeit.

8. Tier. (Kontrolltier II.) Gesundes Tier.

1. Tag: Einstichstelle sichtbar; keine Reaktion; keine Druckschmerzhaftigkeit, auch an den ff. Tagen.

2. Versuchsreihe.

In der 2. Versuchsreihe wurden intrakutan geimpft:

a) 2 auf Tbk. verdächtige Tiere,
b) 1 sicher tuberkulöses Tier (I. Kontrolle),
c) 1 gesundes Tier (II. Kontrolle).

Die beiden verdächtigen Tiere waren zurzeit der intrakutanen Prüfung bereits so lange infiziert, daß ihre reguläre Tötung schon vor längerer Zeit hätte stattfinden sollen. Es war vorher keine Tbk. nachweisbar gewesen. Ich betone ausdrücklich, daß es mir fern lag, im Esch schen Sinne die intrakutane Prüfung zu einer Schnelldiagnose auszuprobieren, sondern mich lediglich ihrer als Hilfsmittel bediente.

1. Tier (fraglich). Am 13. XI. 12 Infektion mit Urin, in welchem T. B. nicht nachweisbar waren.

Am 24. I. 13 intrakut. Tuberkulinprüfung; 71 Tage nach der Impfung.

Verlauf der Impfung:

1. Tag: Geringe Infiltration.
2. Tag: Geringe Rötung mit Druckschmerz.
3. Tag: Weißer Hof um die Einstichstelle mitten in der Rötung.
4. Tag: Beginnende Nekrose um die Einstichstelle.
5. Tag: Stärkere Nekrose mit bläulicher Verfärbung.
6. Tag: Schwarzfärbung der nekrotischen Stelle.
8. Tag: Nekrose pfenniggroß, sehr druckempfindlich.

Resultat: † † †.

Am 4. II. 13 Sektion. Befund: Starke Tbk. der Drüsen, Lunge enthält meist glasige, frische Tuberkel, Leber und Milz vergrößert und mit Knötchen besetzt, mediastinale und mesenteriale Drüsen verkäst. Mikroskopisch: T.-B. in allen Organen positiv.

2. Tier. (Fraglich.) Am 13. XI. 12 infiziert mit Urin, in dem Tbk. nicht nachweisbar war.

Am 24. I. 13 intrakut. Tuberkulinprüfung; nach 72 Tagen.

Verlauf der Impfung:

1. Tag: Geringe Rötung und Infiltration.
2. Tag: Exitus an Stallsauche.

Am 26. I. 13 gestorben. Sektion. Befund: Tbk. der inneren Organe; Milz und Leber vergrößert und mit Knötchen besetzt. Inguinaldrüsen wenig verkäst.

Mikroskopisch: T.-B. nachweisbar.

3. Tier. (I. Kontrolltier.) Sicher tuberkulös. Am 30. IX. 12 infiziert mit Urin, in welchem keine T.-B. nachgewiesen werden konnten.

Dieses Tier wies bereits am 6. XI. Drüsenschwellung auf. Am 30. X. war bei einem Paralleltier in einer exstirpierten Drüse Tbk. nachweisbar.

Am 24. I. 13 intrakut. Tuberkulininjektion; nach 116 Tagen.

Verlauf der Impfung:

1. Tag: Leichte Rötung.
2. Tag: Leichte Rötung mit Infiltration und großem Druckschmerz.
3. Tag: Sehr großer weißer Hof um die Einstichstelle.
4. Tag: Beginnende Nekrose, bläulich verfärbt.
5. Tag: Starke Nekrose, schwarz.
6. Tag: Rötung um die Nekrose, diese mit Delle versehen.
8. Tag: Nekrose pfenniggroß.

Resultat: † † †.

Am 4. II. 13 Sektion. Befund: Lunge, Leber und Milz weisen zahlreiche Knötchen auf, Drüsen verkäst. Mikroskopisch in allen Organen T.-B.

4. Tier. (II. Kontrolltier.) Gesundes Tier.

Am 24. I. 13 intrakut. Tuberkulinprüfung.

1. Tag: Einstichstelle sichtbar; auch an den ff. Tagen; keine Reaktion.

Da in beiden Versuchsreihen die sicher tuberkulösen Tiere eine charakteristische Reaktion aufwiesen, die gesunden Tiere aber nicht, so ist die intrakutane Tuberkulinprüfung ein sehr willkommenes Hilfsmittel, die Entscheidung herbeizuführen, wann man eine Tiertötung vornehmen soll. Man wird diese dann häufig früher wagen dürfen und auf diesem Wege in vielen Fällen schneller zur Diagnose gelangen als bisher.

Als besonders charakteristisch für eine positiv ausgefallene Tuberkulinimpfung ist mir die Druckempfindlichkeit der Tiere im Bereich der Impfstelle aufgefallen. Diese Druckempfindlichkeit war bei den gesunden Kontrolltieren nie vorhanden, so daß ich auf dieses Kriterium einer positiven Reaktion hinweisen möchte.

Zum Schluß spreche ich Herrn Professor Dr. Rimpau für die liebenswürdige Überlassung des Materials, sowie ihm und Herrn Dr. G. Seiffert für die Anregung zu dieser Arbeit an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aus.

Literatur.

1. H. Aronson, Zur Biologie der T.-B. Berl. klin. Woch. 1910, Nr. 35, S. 1617.
2. Karl Berger, Vergleichende färberische Nachprüfungen der von Ziehl-Nehlsen, Much und Gasis empfohlenen Färbemethoden. Zentr.-Bl. f. Bakt., I. Abt. O. B. 53, H. 2.
3. Betheg, Über eine Methode zur Darstellung der Sporen und Struktur bei den säurefesten Bakt. Zentr.-Bl. f. Bakt., I. Abt. O. B. 52, H. 4, S. 550.
4. Betheg, Über eine neue Methode zur Darstellung der T.-B.-Sporen. Zentr.-Bl. f. Bakt., I. Abt. O. B. 49, H. 3, S. 461.
5. W. Beyer, Über die neuere T.-B.-Färbung nach Gram und ihre Bedeutung für die Sputumuntersuchung. Med. Klin. 1910, Nr. 22.
6. Bittrolff und Momose, Zur Frage des granul. Tbk.-Virus. Deutsche Med. Wochenschr. 1912, Nr. 1.
7. A. Bloch, Berl. klin. Wochenschr. 1907, Nr. 17, S. 511 u. S. 1393.
8. Boas und Ditlefsen, Über das Vorkommen des Muchschen Tbk.-Virus bei Lupus vulgaris. Berl. klin. Wochenschr. Nr. 46, S. 2106.
9. Joh. Böhm, Über die verschiedenen Färbemethoden der T.-B. und deren kritische Rezension. Zentr.-Bl. f. Bakt. Bd. 62, S. 497.
10. Alb. Caan, Vergleichende Untersuchung über neuere Methoden zur T.-B.-Pilzfärbung. I. Abt. Zentr.-Bl. f. Bakt. O. B. 49, H. 6, S. 637.
11. Davidson, Berl. klin. Wochenschr. 1907, S. 1393.
12. Georg Deycke, Zur Biochemie d. T.-B. Münchn. Med. Wochenschr. 1911, Nr. 12, S. 633.
13. Georg Deycke und Much, Berl. klin. Wochenschr. 1910, S. 1913.
14. H. Dold, Über neuere Methoden der Färbung der T.-B. mit besonderer Berücksichtigung ihrer differentialdiagnost. Bedeutung. Arbeiten aus dem K. G. A. 1911, Bd. 36, S. 43.
15. Eisenberg, Über neuere Methoden etc. Berl. klin. Wochenschr. 1910, Nr. 8.
16. Esch, Die Anwendung der intrakut. Tuberkulinreaktion als Hilfsmittel zum beschleunigten Nachweise von T. B. durch den Tierversuch. Münchn. Med. Wochenschr. 1912, Nr. 39, S. 2092.
17. Esch, Zur Frage des Tbk.-Nachweises durch den beschleunigten Tierversuch. Münchn. Med. Wochenschr. 1913, Nr. 4, S. 187.
18. Fontes, Untersuchung über die chem. Natur der dem T.-B. eigenen Fett- und Wachsarten und über die Phänomene der Säureresistenz. Zentr.-Bl. f. Bakt., I. Abt. O. B. 49, S. 317, 909.
19. Fligg, Inaug.-Diss. Tierärztl. Hochschule 1908 s. Ref. Münchn. Med. Wochenschr. 1909, S. 201.
20. Frei, Über einige Anreicherungs- und Färbemethoden des T.-B. im Sputum. Zentr.-Bl. f. Bakt. Bd. 61, S. 411.

21. G a s i s , Über eine neue Reaktion der T.-B. und eine darauf begründete differentialdiagnost. Färbemethode derselben. Zentr.-Bl. f. Bakt., 1. Abt. O. B. 50, S. 111.
22. G a s i s , Ein weiterer Beitrag zu meiner neuen diff. Färbungsmethode der T.-B. Berl. klin. Wochenschr. 1909, S. 836.
23. G e i p e l , Über die granuläre Form des T.-B. Münchn. Med. Wochenschr. 1909, Nr. 22.
24. Jahresberichte der Kgl. Bayer. Untersuchungsanstalten 1911.
25. J o a n o v i c und K a p s a m m e r , Berl. klin. Wochenschr. 1907, S. 1493.
26. J a c o b i t z und K a y s e r , Münchn. Med. Wochenschr. 1910, Nr. 22.
27. W. K n o l l , Warum ist es berechtigt, der Granulaform d. Tbk.-Virus Sporencharakter zuzuschreiben? Korr.-Bl. f. Schweiz. Ärzte Nr. 2.
28. K r y l o w , Über die Bedeutung und das Vorkommen der Muchschen Granula. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf.-Krankh. Bd. 70, S. 135.
29. E. L e s c h k e , Über die granuläre Form d. Tbk.-Virus. Zentr.-Bl. f. Bakt. 1911, Bd. 59, S. 366.
30. L i e b e r m e i s t e r , Über die nach Ziehl nicht darstellbare Form d. T. B. Deutsche Med. Wochenschr. 1909, Nr. 28.
31. M a r m a n n , Beiträge zur Bedeutung der Muchschen Granula im Sputum Tuberkulöser. Arch. f. Hyg. Bd. 76, 1912, S. 245.
32. H. M u c h , Über die granuläre, nach Ziehl nicht färbbare Form d. Tbk.-Virus. Beitr. zur Klin. d. Tbk. Bd. 8, 1907, S. 85.
33. H. M u c h , Über die nicht säurefesten Formen d. Kochschen T.-B. Beiträge zur Klin. d. Tbk. Bd. 8, 1908, S. 357.
34. H. M u c h , Die nach Ziehl nicht darstellbaren Formen der T.-B. Berl. klin. Wochenschr. 1908, Nr. 14, S. 691.
35. H. M u c h , Granula und Splitter. Beitr. zur Klin. d. Tbk. 1908, Bd. 11, S. 77.
36. Rud. O p p e n h e i m e r , Tbk.-Nachweis durch beschleun. Tierversuch. Münchn. Med. Wochenschr. 1911, Nr. 41, S. 2164.
37. Rud. O p p e n h e i m e r , Zur Frage des Tbk.-Nachweises durch beschleunigt. Tierversuch. Münchn. Med. Wochenschr. 1912, Nr. 51, S. 2817.
38. R ö m e r , Über intrakut. Tuberkulinwirkung zu diagnost. Zwecken. Brauer, Beitr. zur Klin. d. Tbk. Bd. 12, Nr. 1.
39. R ö m e r und J o s e p h , Prognose u. Inkubationsstadium bei exper. Meerschweinchen-Tbk. Berl. klin. Wochenschr. 1909, Nr. 28, S. 1300.
40. Steph. R o s e n b l a t , Über die granuläre Form d. Tbk.-Virus. Münchn. Med. Wochenschr.
41. R o s e n b l a t (Bern), Vergleichende Untersuchungen über neuere Färbungsmethoden des T. B. nebst einem Beitrag zur Morph. dieser Mikroorganismen. Zentr.-Bl. f. Bakt. Bd. 58, S. 173.
42. R o s e n b l a t (Bern), Erwiderung auf die vorstehende Arbeit (Leschkes Arbeit). Zentr.-Bl. f. Bakt. 1911, Bd. 59.
43. S a l u s , Tierversuch und Nieren-Tbk. Berl. klin. Wochenschr. 1903, S. 1150.

44. Spengler, Über Splittersputa Tuberkulöser. Zeitschr. f. Hyg. 1905, Bd. 49, S. 541.

45. Schern und Dold, Beitr. z. Frage der Schnelldiagnose d. T.-B. nebst Untersuchungen über säurefeste Stäbchen im Wasser. Arbeiten aus d. K. G. A. Bd. 38, H. 2.

46. Schottmüller, Über die klin. Bedeutung der nicht nach Ziehl, sondern nach Gram färbbaren Wuchsformen des Tbk.-Virus. Münchn. Med. Wochenschr. 1908, Nr. 99, S. 2564.

47. Schulz, Über die granuläre Form d. Tbk.-Virus im Lungenauswurf. Deutsche Med. Wochenschr. 1909, Nr. 36.

48. Veröffentlichungen d. Med. Verwalt. Preußens 1910.

49. Weber, Über die T.-B.-ähnlichen Stäbchen und d. Baz. d. Smegmas. Arbeiten aus d. K. G. A. Bd. 19, S. 251.

50. Weiß, Über den Gehalt käs. kreidiger Lymphdrüsen an T.-B. Münchn. Med. Wochenschr. 1909, S. 443.

51. Leonh. Weiß, Zur Morphol. d. Tbk.-Virus unter besonderer Berücksichtigung einer Doppelfärbung. Berl. klin. Wochenschr. 1909, Nr. 40.

52. Weihrauch, Beiträge zur Färbung d. T.-B. und Granula im Sputum. Zeitschr. f. Tbk. 1907, Bd. 14.

53. Wirths, Die Muchschen Granula und die Karl Spenglerschen Splitter. Beitr. z. Klin. d. Tbk. 1908, Bd. 51, S. 73.

54. Wirths, Über die Muchsche granuläre Form d. Tbk.-Virus. Münchn. Med. Wochenschr. 1908, S. 1687.

55. P. Wolff, Über latentes Vorkommen der Muchschen Form d. T.-B. Münchn. Med. Wochenschr. 1909, Nr. 45, S. 2312.

Die Verunreinigung der Isar durch die Münchener Kanalwässer.

Von

Dr. med. et rer. nat. **Hermann Ilzhöfer**,
Assistent am Institut.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität München.)

(Bei der Redaktion eingegangen am 12. Februar 1914.)

Einleitung.

Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts führte Praußnitz[1]) seine Untersuchungen »über den Einfluß der Münchener Kanalisation auf die Isar« aus, und kam auf Grund derselben zu dem Schlusse, daß die Isar zwar durch die Abwässer Münchens verunreinigt werde, daß aber der Grad der durch die chemische Untersuchung nachweisbaren Verunreinigung kein bedeutender sei, und daß bei Freising das Wasser, wenn auch nicht so rein wie oberhalb Münchens, so doch eine Beschaffenheit wieder erlangt hat, welche es in bezug auf seine chemische Zusammensetzung als unbedenklich erscheinen läßt.

Damals wurden die Fäkalien noch nicht in die Kanäle eingeleitet — wenigstens nicht offiziell —, die Kanalisation Münchens war überhaupt noch keine einheitliche. Aus zahlreichen Häusern an den Stadtbächen wurden die Abwässer direkt in diese eingeleitet, daneben existierten in der ganzen inneren Stadt eine Reihe alter Kanäle, welche ebenfalls in die Stadtbäche führten, während in die Isar direkt drei Hauptkanäle mündeten.

Die Ergebisse von Praußnitz' Untersuchungen waren bekanntlich mit die Hauptveranlassung, daß sich Pettenkofer

---

1) Praußnitz, Hygienische Tagesfragen IX.

energisch für die Abschwemmung sämtlicher Unratstoffe Münchens inklusive der Fäkalien in die Isar einsetzte. In den Ende des Jahres 1890 stattfindenden Sitzungen der städtischen Kollegien wurde beschlossen, zur Beseitigung der Fäkalien der Stadt München auf dem Wege der direkten Abschwemmung durch das städtische Kanalnetz in die Isar zu schreiten und die Genehmigung der kgl. Staatsregierung einzuholen. Letztere gestattete auf Grund des Gutachtens des verstärkten Obermedizinalausschusses am 28. Dezember 1892 die Einleitung der Fäkalien Münchens in die Isar. Das in dieser Ministerialentschließung zunächst bewilligte Provisorium — nämlich vorläufige Abstandnahme der in dem Projekt vorgesehenen Fangbeckenanlage und Abschwemmung der Fäkalien durch die bisherigen Auslaßkanäle in die Isar — wurde inhaltlich der Entschließung des kgl. Staatsministeriums d. I. vom Oktober 1898 verlängert in der Voraussetzung, daß auch in den kommenden Jahren sich besondere Mißstände nicht ergeben.

Da nun seit den Untersuchungen von Praußnitz sich die Verhältnisse Münchens, was die Einwohnerzahl, den Wasserverbrauch, den Ausbau der Kanalisation, den Anschluß der Fäkalien an die Kanäle u. a. betrifft, erheblich geändert haben, erscheint es gerechtfertigt, die Frage der gegenwärtigen Isarverunreinigung durch die Münchener Kanalwässer hier zu besprechen; dabei werden sich an der Hand der seit Einführung der Schwemmkanalisation im hiesigen hygienischen Institut monatlich ausgeführten chemisch - bakteriologischen Untersuchungen des Isarwassers Vergleiche mit den früheren Verhältnissen ergeben.

Wasserversorgung und Kanalisation.[1])

München hatte am Tage der letzten Volkszählung (1. Dezember 1910) 596 467 Einwohner; die folgende Tabelle[2]) gibt Aufschluß über das Wachstum der Stadt.

1) Teilweise nach Mitteilungen des Stadtbauamtes, Abt. Wasserversorgung und Abt. Kanalisation. Den Herren Vorständen dieser Abteilungen, Herrn Bauamtmann Henle und Herrn Hofrat Niedermayer, sei dafür auch an dieser Stelle der beste Dank gesagt.

2) Mitteil. des Statist. Amtes der Stadt München XXIV, 2, 1913.

Berechnete mittlere Einwohnerzahlen.

* Eingemeindungen.

Jahr	Einwohnerzahl in 1000	Jahr	Einwohnerzahl in 1000
1890	331 *	1901	503
1891	357	1902	509
1892	372 *	1903	515
1893	385	1904	524
1894	393	1905	534
1895	400	1906	544
1896	415	1907	554
1897	430	1908	565
1898	446	1909	577
1899	466 *	1910	590
1900	490 *	1911	604

Das Gebiet der Wasserversorgung Münchens liegt im Mangfalltale nördlich von Miesbach, durchschnittlich 100 m über dem Niveau des Stadtinneren.

Die wassertragende, undurchlässige Schicht, der Flinz, ist von einer diluvialen Kiesschicht von großer Mächtigkeit (bis zu 40 bis 45 m) überlagert. Die »Mühltaler« und »Gotzinger« Quellen verdanken ihre Entstehung dem Einfallen der wasserundurchlässigen Schicht gegen das Mangfalltal zu; das auf dieser herabstreichende Grundwasser wird mittels der in den Berg vorgetriebenen Stollen herausgefaßt. Bei der »Reisacher Grundwasserfassung« — Reisach heißt das zwischen Schlierach und Mangfall liegende Gebiet — wird das infolge der natürlichen Formation durch Abfallen der Flinzschichte von drei Seiten her in einen förmlichen Kessel zusammenströmende Grundwasser durch vier Hauptspeisekanäle gefaßt. Die Reisacher Grundwasserfassung ist seit dem Jahre 1911 betriebsfertig, ihr Wasser wird aber, da gegenwärtig noch kein Bedürfnis vorliegt, noch nicht verwendet.

Die Ergiebigkeit der Fassungsanlagen ist naturgemäß entsprechend den Niederschlagsmengen verschieden; sie schwankt bei der Mühltaler Quellfassung zwischen 800 und 1300 l/Sek., bei der Gotzinger Quellfassung zwischen 700 und 1200 l/Sek., so daß die beiden bisher in Betrieb befindlichen Anlagen 1500—2500 l/Sek. zu liefern vermögen. Die neue Reisacher Grundwasserfassung hat

nach den bisherigen Beobachtungen eine Ergiebigkeit von mindestens 1000 l/Sek., so daß der Stadtgemeinde gegenwärtig im Bedarfsfalle im Minimum 2500 l/Sek. zur Verfügung stehen.

Ich will der Vollständigkeit halber anführen, daß das Wasser in chemischer und bakteriologischer Beziehung vorzüglich ist. Die mittlere chemische Zusammensetzung des aus der Leistung entnommenen Wassers war 1911:

Abdampfrückstand	Cl	NH_3	N_2O_3	N_2O_5	$KMnO_4$-Verbrauch	CaO	MgO	SO_3	Gesamthärte
mg ein Liter									
282	4,0	0	0	0	2,0	111,3	31,2	0	15,5 d. Gr.

Bei der jährlich vorgenommenen bakteriologischen Untersuchung fand ich folgende mittlere Keimzahlen:

	1909	1910	1911	1912
Mühltaler Quellen (Mittelzahl aus den Untersuchungen der 6 Quellstollen)	4	5	2	2
Gotzinger Quellen (Mittelzahl aus den Untersuchungen der 5 Quellstollen)	10	8	8	7
Reisacher Grundwasserfassung (Mittelzahl aus den Untersuchungen der 4 Speisekanäle). .	noch nicht betriebsfertig	noch nicht betriebsfertig	2	3
Stadtrohrnetz (Mittelzahl von 18 Hydranten) .	12	14	10	9

Der durchschnittliche Wasserverbrauch aus der Hochquellenleitung ist aus der folgenden Tabelle[1]) zu ersehen.

Jahr	Täglicher Gesamtwasserverbrauch im Durchschnitt cbm	Durchschnittlicher Tagesverbrauch				Mittlere Einwohnerzahl Münchens in 1000	Täglicher Wasserverbrauch auf den Kopf der Bevölkerung Liter
		für staatliche und private Gebäude cbm	für städt. Gebäude und Anstalten cbm	für öffentliche Zwecke cbm	für Durchspülung des Rohrnetzes cbm		
1891	52 880	35 304	2 126	11 130	4 320	357	150
1896	76 436	55 037	3 418	13 661	4 320	415	184
1901	108 108	78 633	7 760	17 395	4 320	503	215
1906	117 414	85 076	8 629	21 123	2 586	544	216
1907	127 769	86 780	9 781	28 622	2 586	552	232
1908	134 248	91 718	10 726	29 218	2 586	561	239
1909	122 744	89 613	10 350	18 903	3 878	571	215
1910	124 027	90 704	10 131	19 314	3 878	590	214
1911	137 250	97 061	12 445	23 866	3 878	604	228

1) Mitteilungen des Statistischen Amtes der Stadt München XXIV.

Die Entwässerung der Stadt geschieht nach dem Mischsystem. Das gesamte Kanalnetz gliedert sich unter Anpassung an die natürliche Oberflächengestaltung in vier Systeme, in je ein oberes und je ein unteres System rechts und links der Isar entsprechend den drei Terrassen des linken und den zwei Terrassen des rechten Isarufers, doch ist vermieden, daß bei starken Regenfällen die tieferliegenden Stadtteile durch die abzuführenden Wassermassen der höheren Stadtteile Überflutungen etc. ausgesetzt sind; im übrigen findet infolge der gegenseitigen Höhenlage kein ungünstiger Rückstau der Isar in das Kanalnetz statt.

Die Gefällsrichtung der Hauptsammler folgt in der Hauptsache dem größeren Terraingefälle von SSW. nach NNO. Durch die im Jahre 1911 ausgeführte Unterdückerung der Isar bei der Ludwigsbrücke ist es ermöglicht, die Abwässer des Stadtteiles rechts der Isar und südlich der Rosenheimerstraße dem Kanalnetz des linken Isarufers zuzuführen; eine zweite Unterdückerung der Isar bei der Widenmayerstraße wird demnächst ausgeführt.

Das Kanalnetz hat vom höchsten bis zum tiefsten Punkt auf eine Länge von rd. 12 km (gemessen in der Richtung des Isarlaufes) nicht weniger als 53 m absolutes Gefälle.

Für die Spülung der Kanäle stehen zur Verfügung eine große Spülgalerie beim Südbahnhofe, welche 1800 cbm nutzbaren Fassungsraun hat, mit Isarwasser gefüllt und täglich dreimal entleert werden kann und eine kleinere Spülgalerie in Nymphenburg mit 250 cbm Fassungsraum; ferner wird für Spülzwecke Wasser durch 29 Einlässe aus den Stadtbächen zugeleitet. Eine weitere beträchtliche Spülwassermenge liefern die Entleerungsschächte und Hydranten des städtischen Wasserversorgungsnetzes, sowie besonders auch die öffentlichen Brunnen, denn die fälschlicherweise oft getadelte, vermeintliche Wasserverschwendung bei der Speisung der zahlreichen und großen Springbrunnen Münchens trägt viel zur Verdünnung des Kanalwassers bei. Zur Ergänzung der erwähnten Spülwassermengen wurden in den letzten Jahren noch an vier Endpunkten des Kanalnetzes Grundwassersammelanlagen ausgeführt.

Durch 25 selbsttätige Not- oder Regenauslässe mit Überfallwehren ist Sorge getragen, daß bei starken Regenfällen das Kanalnetz durch Ableitung des Wassers nach dem nächstgelegenen Stadtbach oder nach der Isar entlastet wird.

Für die Entwässerung der Anwesen bestehen zwecks Durchführung der hygienischen Anforderungen ortspolizeiliche Vorschriften über Projektierung und Ausführung dieser Anlagen, welche amtlicher Kontrolle unterliegen; desgleichen solche für die Einleitung von Fabrikabwässern in die Kanäle bezüglich des Temperaturmaximums (35° C) und der chemischen Zusammensetzung. Zur Klärung, Verdünnung, Abkühlung und Desinfektion solcher Abwässer bestanden Ende des Jahres 1911 97 Klärbassins, 121 Kühlbassins, 63 große Fettfänge und 1 Desinfektionsgrube. Eine Übersicht über die Entwicklung des Kanalbaues und die Anwesensentwässerung gibt die folgende Tabelle[1]).

Jahr	Ausdehnung der Kanalisierung	Vorschriftsmäßige Anwesenentwässerung am Jahresschluß		Fäkalienabschwemmung	
	Länge der in den Gesamtplan passenden Kanäle in 1000 m	Entwässerte Anwesen	in % aller Anwesen	in % der entwässerten Anwesen	Zahl der Spülaborte in 1000
1890	108,0	5410	48,0	—	—
1895	160,9	8367	67,1	36,4	28,8
1900	218,2	11852	84,1	59,9	91,7
1905	273,5	13157	86,1	90,2	117,1
1906	281,2	13373	87,0	90,7	119,9
1907	285,7	13575	87,6	90,8	121,8
1908	291,2	13787	88,3	90,7	124,3
1909	301,9	14162	89,4	90,9	128,0
1910	307,9	14734	90,1	90,4	132,9
1911	317,2	15512	91,2	89,4	138,5

Bei der Feststellung des Trockenwetterabflusses bzw. der eigentlichen Schmutzwassermenge pro Kopf und Tag sind mehrere Umstände zu berücksichtigen[2]). Die vom städtischen Wasserleitungsnetz für Trink- und Nutzzwecke abgegebene Gesamtwassermenge (im Durchschnitt der Jahre 1906 mit 1910 pro Tag 125 240 cbm) wird nicht in ihrem ganzen Umfange in Abwasser

1) Mitteilungen des Statistischen Amtes der Stadt München XXIV.
2) Nach Mitteilungen des Stadtbauamtes, Abt. Kanalisation.

umgewandelt. Zunächst scheidet für das Münchener Kanalnetz das an die Vororte Moosach, Milbertshofen, Perlach, Hadern abgegebene Wasserquantum aus (im Durchschnitt 785 cbm pro Tag), ferner sind nicht als Schmutzwasser in Rechnung zu stellen: das in reinem Zustand in die Kanäle abfließende Wasser (Lifts in Hotel- etc. Betrieben, öffentliche und Springbrunnen, Wasserrohrnetzspülungen) und das infolge Verdunstung oder Versickerung überhaupt nicht in die Kanäle gelangende Wasser (Dampfmaschinenbetriebe, Gärtnereien, Straßensprengen, Versitzgruben).

Die in reinem Zustand in die Kanäle abfließende Wassermenge, welche in diesen schon einen gewissen Verdünnungsgrad herbeiführt, berechnet sich nach dem Durchschnitt der Jahre 1906 mit 1910 zu 25 486 cbm pro Tag. Zu berücksichtigen ist dabei, daß mehrere Großbrauereien außer dem Wasser, das sie aus dem städtischen Leitungsnetz beziehen, noch ein weiteres Wasserquantum mittels artesischer Brunnen aus dem Untergrund entnehmen, ferner daß für den Wasserbedarf des Schlacht- und Viehhofs eine eigene Wasserversorgunganlage vorhanden ist, und daß auch bei einzelnen Fabrikbetrieben und dem großen Krankenhause in Schwabing der Wasserbedarf teilweise durch Entnahme aus dem Grundwasserstrom gedeckt wird.

Unter Zusammenfassung aller die Wassermenge vermehrenden und vermindernden Faktoren ergibt sich, daß der gegenwärtige durchschnittliche Trockenwetterabfluß sich auf rd. 120 000 cbm pro Tag beziffert, woraus sich bei 600 000 Einwohnern eine durchschnittliche Abwassermenge von 200 l pro Kopf und Tag berechnet, was einer sekundlichen Abwassermenge von rd. 1,40 cbm entspricht.

Berlin	rechnet	mit	127,5 l	pro	Kopf	und	Tag
Hamburg	»	»	140 l	»	»	»	»
Frankfurt	»	»	150 l	»	»	»	»
Dresden	»	»	171,2 l	»	»	»	»

Der Trockenwetterabfluß in den Kanälen schwankt tagsüber ziemlich stark. Die größte Wasserhöhe wird in der Zeit von 9 Uhr vormittags bis 1 Uhr mittags und darauf auf kurze Zeit um 4 Uhr

nachmittags und 7½ Uhr abends beobachtet; die kleinste Wasserhöhe fällt in die Zeit zwischen 12 Uhr nachts und 5½ Uhr morgens.

Die mittlere Geschwindigkeit des Kanalwassers beträgt 0,95 m/Sek.

Um ein genaues Bild von der mittleren chemischen Beschaffenheit eines Sielwassers zu bekommen, ist es natürlich nötig, durch längere Zeit fortgesetzte und auch zu verschiedenen Jahreszeiten ausgeführte Untersuchungen vorzunehmen, sowie gleichzeitig die während der Tageszeiten sehr schwankenden Abwassermengen (cf. oben) fortlaufend zu messen; solche längerdauernden Untersuchungen vorzunehmen, war mir bisher aus äußeren Gründen nicht möglich. Ich gebe in Tabelle I nur die Mittelwerte mehrerer im Jahre 1911 von mir ausgeführter Untersuchungen des Münchener Kanalwassers, dieselben geben immerhin ein Bild von dessen Zusammensetzung bei trockenem Wetter.

Die Entnahme des Kanalwassers erfolgte hierbei von dem großen Einsteigschachte beim nördlichen Friedhof aus.

Das in der Zeit von 6 Uhr morgens bis 12 Uhr mittags ankommende Wasser wurde als Morgenwasser,

das in der Zeit von 12 Uhr mittags bis 6 Uhr abends ankommende Wasser wurde als Mittagwasser,

das in der Zeit von 6 Uhr abends bis 12 Uhr nachts ankommende Wasser wurde als Abendwasser und

das in der Zeit von 12 Uhr nachts bis 6 Uhr morgens ankommende Wasser wurde als Nachtwasser bezeichnet[1]).

Um gute Durchschnittsproben von solchen je sechsstündigen Perioden zu erhalten, wurden von 6 Uhr morgens an beginnend jede halbe Stunde 10 l Kanalwasser entnommen, in ein Faß entleert und die gröberen suspendierten Stoffe, insbesondere Kotballen, mit einem Rührer fein zerdrückt. Nach Ablauf der ersten Stunde wurden von den innerhalb dieser Zeit genommenen zwei Proben (zusammen 20 l) nach gründlichster Rührung und Mischung 5 l als Durchschnittsprobe der ersten Stunde aus dem Fasse ent-

1) cf. Steuernagel, Mitteilungen der Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung IV, 1.

Tabelle I.

	Suspendierte Stoffe			Abdampfrückstand	Glührückstand	Cl	Gesamt-Stickstoff[1]	NH_3	N_2O_3	N_2O_5	H_2S	Oxydierbarkeit mg $KMnO_4$ pro l
	Gesamt mg im l	Organisch mg im l	Anorgan. mg im l	mg im l	mg im l	mg im l	mg im l	mg im l			mg im l	
Morgenwasser 6—11 Uhr	777	595	182	768	403	69	175	8	0	Spur	1,2	682
Mittagwasser 12—6 Uhr	687	514	173	657	378	66	133	6,5	0	0	1,0	541
Abendwasser 6—12 Uhr	554	451	103	638	412	68	102	6,8	0	Spur	0,8	541
Nachtwasser 12—6 Uhr	251	194	57	466	288	39	90	4	0	0	0,6	400
Rechnungsmäßiger Gesamtmittelwert für 24 Stunden	567	438	129	632	870	60,5	125	6,3	0	0	0,9	541

nommen, in ein zweites Faß geschüttet und der Rest aus dem ersten Fasse weggegossen. Ebenso wurde am Ende der zweiten, dritten, vierten usw. Stunde verfahren. Nach Ablauf von sechs Stunden wurden aus der Gesamtdurchschnittsprobe dieser Zeit (30 l) aus dem zweiten Fasse nach und während gründlichster Mischung und Rührung 15 l zur Untersuchung entnommen, in gewöhnlicher weise konserviert (mit Chloroform für Bestimmung des Abdampfrückstandes und der suspendierten Stoffe, mit Schwefelsäure für die Bestimmung der Oxydierbarkeit) und ins Laboratorium gebracht. Für die Untersuchung auf Ammoniak, salpetrige Säure und Schwefelwasserstoff wurde für jede sechsstündige Periode je eine Stichprobe entnommen und an Ort und Stelle untersucht bzw. für die Untersuchung vorbereitet.

Aus den in Tabelle I aufgezeichneten Zahlen ersieht man, was ja schon aus früheren Untersuchungen der Münchener[2]) und anderer städtischer Sielwässer bekannt ist, daß die Tagwässer viel verunreinigter sind wie die Nachtwässer.

---

1) Im unfiltrierten Wasser.

2) Praußnitz a. a. O.

Ich habe die Zahlen, welche Praußnitz bei seiner 24-stündigen Untersuchung des Münchener Kanalwassers im Dezember 1888, bei welcher er alle Stunden eine Probe schöpfte und analysierte, um einen Vergleich zu ermöglichen wie in Tabelle I in vier je sechsstündige Perioden (Morgen-, Mittag-, Abend- und Nachtwasser) zusammengeschrieben und daneben in der folgenden Tabelle die von mir im September 1911 erhaltenen Zahlen gestellt.

	Abdampfrückstand mg im l	Chlor mg im l	Oxydierbarkeit mg $KMnO_4$ pro l
Morgenwasser	Pr. 1888: 924,9	Pr. 1888: 53,6	Pr. 1888: 246,6
6—12 Uhr	Ilz. 1911: 768	Ilz. 1911: 69	Ilz. 1911: 682
Mittagwasser	Pr. 1888: 986,2	Pr. 1888: 77,1	Pr. 1888: 223,6
12—6 Uhr	Ilz. 1911; 657	Ilz. 1911: 66	Ilz. 1911: 541
Abendwasser	Pr. 1888: 869,4	Pr. 1888: 57,0	Pr. 1888: 224,2
6—12 Uhr	Ilz. 1911: 638	Ilz. 1911: 68	Ilz. 1911: 541
Nachtwasser	Pr. 1888: 703,3	Pr. 1888: 33,4	Pr. 1888: 112,5
12—6 Uhr	Ilz. 1911: 466	Ilz. 1911: 39	Ilz. 1911: 400
Rechnungsmäßiger	Pr. 1888: 870,9	Pr. 1888: 55,3	Pr. 1888: 201,7
Mittelwert	Ilz. 1911: 632	Ilz. 1911: 60,5	Ilz. 1911: 541

Diese Zusammenstellung ist, trotzdem sie kein exaktes Bild von der Zusammensetzung des Kanalwassers zu bieten imstande ist, recht interessant. Sie zeigt, daß 1888 die Abwässer, obwohl die Fäkalien noch nicht an die Kanäle angeschlossen waren, viel konzentrierter waren wie heute bei der mehr als doppelt so starken Bevölkerungszahl; eine Folge des geringeren Wasserverbrauches und der wenig ergiebigen Kanalspülung. Der annähernd gleiche Chlorgehalt (i. M. 55,3 gegen 60,5) deutet wohl darauf hin, daß damals durch die trotz des Verbotes sehr beliebten Grubenüberläufe offenbar fast aller Harn in die Kanäle abfloß. Daß die Oxydierbarkeit 1888 trotz der größeren Konzentration der Abwässer viel niederer war wie heute, dürfte wohl damit zusammenhängen, daß die Fäkalien damals nur zu geringem Teil in die Kanäle gelangten und daher weniger die Oxydierbarkeit beeinflussenden Stoffe bei ihrer Auslaugung in Lösung gingen.

Aus Tabelle I folgt, daß die Münchener Abwässer zu den verdünnteren großstädtischen Abwässern zu rechnen sind. Die große

Strömungsgeschwindigkeit in den Kanälen bedingt eine gute mechanische Zerreibung der gröberen suspendierten Stoffe, insbesondere der Kotballen. Wenn man zurzeit der größten Verunreinigung zwischen 8 und 11 Uhr morgens das aus dem Hauptsammelkanal strömende Sielwasser betrachtet, so sieht man in der gelbbraunen Flüssigkeit von gröberen suspendierten Stoffen, Papierfetzen, Gemüse- und Salatstückchen, Reste von Fruchtschalen, Korkstöpsel, Kotbrocken bis höchstens Hühnereigröße usw. schwimmen. Bei einer Besichtigung der Ausmündungsstelle des Hauptsammelkanals im September des heißen Sommers 1911 war kein auffallend unangenehmer Geruch zu bemerken; das verdünnte, raschfließende Sielwasser erfährt eben schon innerhalb der Kanäle eine gute Durchlüftung und hat keine Zeit in höherem Grade zu faulen.

Vorflutverhältnisse.

Die Isar, welche aus den dolomitischen Kalkalpen des Karwendelgebirges entspringt, hat, wie alle Gebirgsflüsse, einen sehr raschen Lauf und ihre Wassermengen schwanken stark. Bei der Mündung des Hauptauslasses führt die Isar im Durchschnitt

bei Nieder-Niederwasser (Wasserklemme) .	32	cbm/Sek.
bei normalem Niederwasser (bis zu ca. 0,8 m Pegel in Freising)	45	»
bei Mittelwasser (bis zu ca. 1,2 m Pegel in Freising)	100	»
bei kleinem Hochwasser	300	»
bei großem Hochwasser	700	»
bei größtem Hochwasser	1290	»

Die Wassermenge bei Landshut beträgt bei Niederwasser 70 bis 128, i. M. 100 cbm/Sek., bei Mittelwasser 100 bis 300 cbm/Sek. und bei Hochwasser 800 cbm/Sek. und darüber.

Die Strömungsgeschwindigkeit bei Unterföhring (Mündung des Hauptauslasses) beträgt im Durchschnitt

bei Niederwasser	1,5 m/Sek.
bei Mittelwasser	1,5 m/Sek.
bei Hochwasser	2,0 m/Sek.

Auf der 68 km langen Strecke München—Landshut ist das Gefälle der Isar sehr bedeutend, da der Höhenunterschied zwischen beiden Orten ca. 100 m beträgt.

Nach Angabe des kgl. hydrotechnischen Bureaus wird nach dem Durchschnitt der Jahre 1901 bis 1911 die Wassermenge von

30	bis	35	cbm/Sek.	im	Jahre	täglich erreicht			
35	»	40	»	»	»	1	mal	nicht	erreicht
40	»	45	»	»	»	13	»	»	»
45	»	50	»	»	»	49	»	»	»
50	»	55	»	»	»	75	»	»	»
55	»	60	»	»	»	92	»	»	»
60	»	65	»	»	»	106	»	»	»
65	»	70	»	»	»	120	»	»	»
70	»	75	»	»	»	137	»	»	»
75	»	80	»	»	»	148	»	»	»

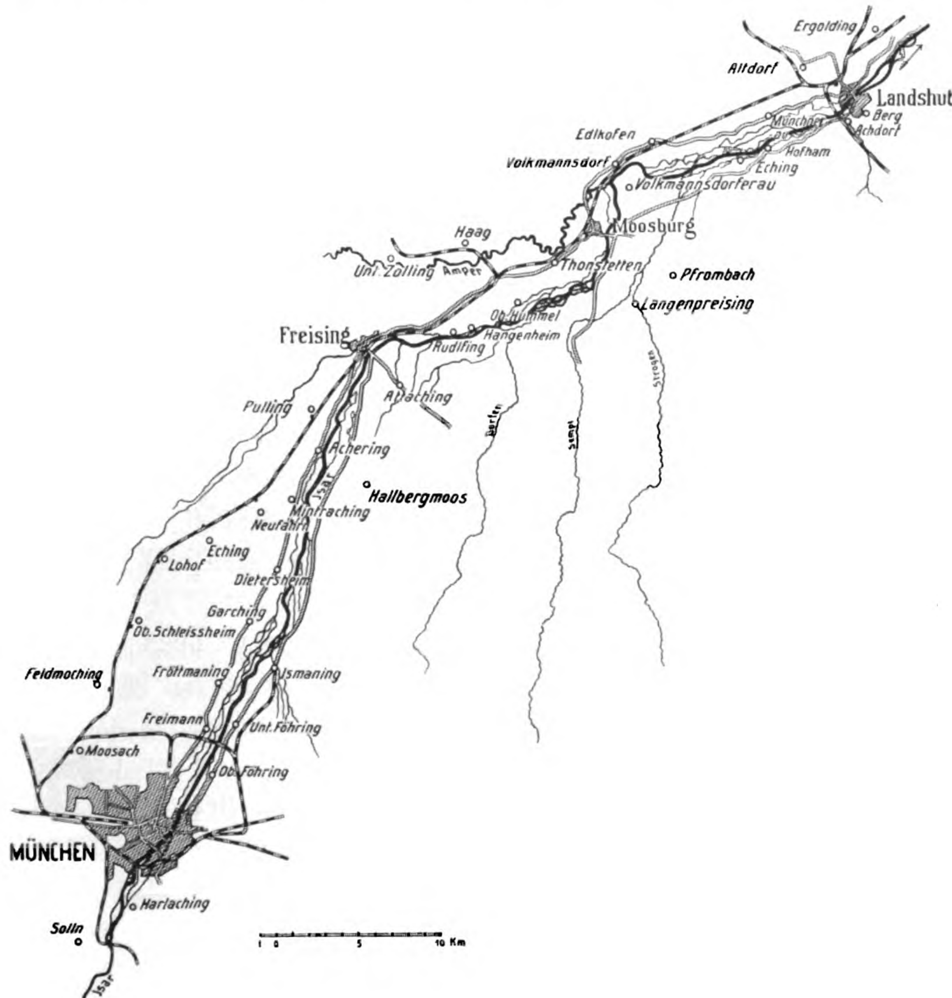
Das Verhältnis zwischen Trockenwetterabfluß und Isarwassermenge[1]), wie es sich an der Mündung des Hauptsammelkanals ergibt, ist für die Einwohnerzahlen von 600 000 und 1 000 000 Einwohnern für niedere Wasserstände von 30 bis 80 cbm/Sek. in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Verhältnis des Trockenwetterabflusses zum Isarwasser

Wassermenge der Isar in cbm/sec.	für 600 000 Einwohner		für 1 000 000 Einwohner	
	bei normalem Trockenwetterabfluß	bei maximalem Trockenwetterabfluß	bei normalem Trockenwetterabfluß	bei maximalem Trockenwetterabfluß
30	1:21,6	1:14,4	1:13,0	1: 8,0
35	1:25,2	1:16,8	1:15,1	1:10,0
40	1:28,8	1:19,2	1:17,3	1:11,4
45	1:32,4	1:21,6	1:19,4	1:12,8
50	1:36,0	1:24,0	1:21,6	1:14,3
55	1:39,6	1:26,4	1:23,8	1:15,7
60	1:43,2	1:28,8	1:25,9	1:17,1
65	1:46,8	1:31,2	1:28,1	1:18,6
70	1:50,4	1:33,6	1:30,2	1:20,0
75	1:54,0	1:36,0	1:32,4	1:21,4
80	1:57,6	1:38,5	1:34,6	1:22,8

1) Nach Mitteilung des Stadtbauamtes, Abteilung für Kanalisation.

Da die Isar während des größten Teiles des Jahres 70 cbm/Sek. Wasser führt, so tritt gegenwärtig ein Verdünnungsverhältnis bei normalem Trockenwetterabfluß von 1: 50,4, bei maximalem



Skizze des Isarlaufes von München bis Landshut.

Trockenwetterabfluß von 1: 33,6 ca. 8 Monate = $^2/_3$ des Jahres hindurch ein.

Dabei ist noch hervorzuheben, daß, wie bereits erwähnt, die Schmutzwasser durch die zugeführten reichlichen Reinwassermengen in erheblich verdünntem Zustande dem Flusse zugeführt

werden, weshalb der Verdünnungsgrad dementsprechend höher zu bewerten ist.

Die Isar hat fast durchweg einen rauhen kiesigen Untergrund. Auf der Strecke zwischen München und Freising (33 km) empfängt sie keinen nennenswerten offenen Zufluß und abgesehen von den bei Unterföhring einmündenden Münchener Kanalwässern keine Verunreinigung.

Zwischen Freising und Landshut, welches ca. 35 km von Freising und 68 km von München entfernt ist, münden eine Reihe kleinerer und größerer Nebenflüsse in die Isar; gleich unterhalb Freising mündet die Moosach, unterhalb Moosburg die Amper, der bedeutendste der Nebenflüsse, dessen Wassermenge 50 bis 90 cbm/Sek. beträgt. Aus den an gleichen Tagen von Dr. Willemer, städtischem Chemiker in Landshut, vorgenommenen Wassermessungen in der Amper und der Isar bei Landshut ergab sich (z. B. Amper 50 cbm/Sek., Isar 120 cbm/Sek., Amper 90 cbm/Sek., Isar 189 cbm pro Sek. usw.), daß die Wassermenge in der Isar fast 50% beträgt, oder daß beide Flüsse vor der Vereinigung fast gleich viel Wasser führen.

Zwischen Moosburg und Landshut münden noch einige kleinere Flüsse und Bäche, wie Sempt, Erlbach, Roßbach, Pfettrach, deren Wasserführung zwischen 2 bis 7 cbm/Sek. schwankt. Während die chemische Zusammensetzung der Amper nach den Untersuchungen von Dr. Willemer ziemlich gleich derjenigen der Isar ist, weicht der chemische Befund einiger anderer Nebenflüsse insbesondere der der Moosach, Sempt, des Roß- und Erlbaches erheblich von dem der Isar ab.

Art der Ausführung der Isaruntersuchungen.

Wie schon in der Einleitung erwähnt, werden seit Einführung der Schwemmkanalisation im Auftrage der Regierungen von Ober- und Niederbayern fortlaufende chemisch-bakteriologische Untersuchungen des Isarwassers ausgeführt; dieselben finden monatlich statt und werden oberhalb Münchens und bei Freising von seiten des Münchener hygienischen Instituts, bei Landshut seit 1894 vom dortigen städtischen Chemiker Herrn Dr. Willemer ausgeführt.

Es ist natürlich im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, sämtliche Untersuchungsergebnisse im Detail anzugeben; ich muß mich auf Auszüge beschränken. In Tabelle II sind für die Jahre 1900 bis 1911 die wesentlichen Ergebnisse der chemisch-bakteriologischen Untersuchungen des Isarwassers oberhalb Münchens, bei Freising und bei Landshut in den Monaten, in welchen erfahrungsgemäß die niedersten Wasserstände herrschen (Januar, Februar, Dezember), in Tabelle III die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen bei den höchsten Wasserständen zur Zeit der vorgenommenen Monatsuntersuchungen in den Jahren 1900 bis 1911 für die Isar oberhalb Münchens und bei Freising aufgezeichnet; in Tabelle IV sind für das Jahr 1911 die sämtlichen Monatsuntersuchungen oberhalb Münchens, bei Freising und bei Landshut, in Tabelle V die in demselben Jahre unabhängig davon im September zur Zeit großer Trockenheit und abnorm niederer Wasserstände ausgeführten Isaruntersuchungen oberhalb Münchens, bei Ismaning und bei Freising aufgezeichnet[1]) und in Tabelle Va zum Vergleich die Untersuchungen von Praußnitz[2]) bei Niederwasser 1889 zusammengestellt.

Ich habe, um ein sicher nicht zu günstiges Bild von der gegenwärtigen Isarverunreinigung durch die Kanalwässer Münchens zu geben, gerade die Untersuchungsergebnisse des Jahres 1911 gewählt, weil sich dasselbe durch hohe Trockenheit auszeichnete, denn Januar, Februar, März waren trocken, im April blieben die Regenmengen unter dem langjährigen Durchschnitt und im Mai, Juni, Juli, August erreichten sie im Isargebiet nur 10 bis 30% desselben, ebenso war der Herbst trocken; Mitte Juli begann zudem eine Periode großer Hitze, welche bis in den September anhielt. Infolge davon führte die Isar im Spätsommer ein Niederwasser, wie es in normalen Abflußjahren nur im Dezember und Januar

(Fortsetzung des Textes S. 166.)

1) Die Untersuchungen oberhalb München und bei Freising wurden ausgeführt von den Assistenten des Instituts: 1900, Dr. Geret, 1901 bis 1905 inkl. Dr. Glaser, 1096 bis 1908 (Sept.) Dr. Trommsdorf, ab Sept. 1908 Dr. Ilzhöfer.

2) cf. a. a. O.

Tabelle II. Untersuchungen des Isarwassers oberhalb München bei Freising und Landshut 1900—1912
(Monate mit den niedersten Wasserständen).

Jahr	1900			1901			1902			1903			1904			1905		
Monat und Tag	7. II.	30. III.	31. XII.	17. I.	26. II.	11. XII.	18. I.	22. II.	6. XII.	31. I.	28. II.	30. XII.	30. I.	9. III.	16. XII.	24. I.	27. II.	7. XII.
An den Untersuchungstagen beobachtete Pegelstände der Isar in m:																		
Freising	1,1	0,9	1,0	0,85	0,7	1,28	1,05	0,95	0,95	1,05	1,34	1,0	1,0	1,15	1,04	0,9	1,5	1,28
Landshut	0,18	0,27	– 0,04	0,19	-0,26	0,17	-0,12	-0,17	– 0,22	-0,14	0,15	– 0,08	– 0,11	0,11	0,27	-0,21	0,00	0,29
Suspendierte Stoffe in mg pro Liter bei 105° C getrocknet (1. Gesamt, 2. Organisch, 3. Anorganisch):																		
Oberh. München 1.	**2,2**	**4,2**	**2,5**	**8,0**	**5,0**	**19,5**	**4,5**	**1,7**	**5,8**	**6,7**	**8,0**	**11**	**7,2**	**8,0**	**5,6**	**4,4**	**2,2**	**4,6**
Oberh. München 2.	1,2	2,2	1,3	1,5	1	6	3	0,5	3	2,2	1,7	3	5	2,8	2,2	0,8	1,2	0,8
Oberh. München 3.	1,0	2,0	1,2	1,5	4	13,5	1,5	1,2	2,3	4,5	6,3	8	2,2	5,2	3,4	3,6	1,0	3,8
Freising 1.	**14,0**	**17,0**	**18,0**	**16,0**	**10,0**	**36,5**	**18**	**7,2**	**14,0**	**13,0**	**19,8**	**20,6**	**8,2**	**19,0**	**15,4**	**5,5**	**8,8**	**12,6**
Freising 2.	7,5	12,0	8,0	10	5	9	5	4,5	11,7	3,2	3,5	5	3	6	4	3	5	4
Freising 3.	6,5	5,0	10,0	6	5	27,5	8	3,2	2,3	6,8	16,3	15,6	5,2	13	11,4	2,5	3,8	8,6
Landshut 1.	**20,0**	**53,0**	**7,0**	**6,0**	**13,4**	**46,1**	**6,1**	**11,4**	**8,8**	**10,5**	**43,9**	**10,5**	**12,8**	**9,4**	**15**	**15**	**12,8**	**11,0**
Landshut 2.	9,8	1,7	0,5	1	7,3	6,1	0,5	9,7	2,2	1,6	31,9	3,8	7,2	0,5	10,6	3,3	5,1	2,5
Landshut 3.	11,2	51,3	6,5	5	6,1	40,0	5,6	1,7	6,1	8,9	12	6,7	5,6	8,9	4,4	11,7	7,7	8,5
Abdampfrückstand in mg pro Liter bei 105° C getrocknet:																		
Oberhalb München	228	217	228	240	254	207	170	241	242	239	214	223	233	213	218	234	231	222
Freising	244	233	252	222	266	232	258	288	246	242	237	231	257	230	234	270	249	235
Landshut	257	226	258	272	273	238	252	257	265	257	247	263	263	250	233	255	260	260
Chlor in mg pro Liter:																		
Oberhalb München	0,7	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0	0,8	0,8	0,9	0,8	1,2	0,7	0,9	0,8	1,4	1,0	1 0
Freising	2,8	2,6	2,3	4,8	2,6	2,9	2,5	2,6	2,2	2,7	2,5	2,2	2,4	3,3	3,5	2,9	3,1	3,1
Landshut	2,3	1,2	2,7	3,2	3,4	2,0	2,4	2,6	2,7	3,3	2,4	2,7	2,8	2,1	1,7	2,3	2.2	2 0
Kaliumpermanganatverbrauch in mg pro Liter:																		
Oberhalb München	4,6	7,9	4,9	6,2	3,5	10,9	5,4	4,3	7,0	6,5	6,6	5,2	5,0	7,2	5,6	4,8	4,5	4,2
Freising	6,8	9,9	6,4	7,0	6,5	14,4	8,3	6,4	10,4	9,8	7,9	8,2	8,5	9,2	10,0	11,2	11,0	11,8
Landshut	6,3	6,0	5,2	5,8	5,8	7,5	6,2	6,6	7,3	7,0	9,5	6,9	6,5	6,6	7,8	6,5	8,8	6,4
Bakterien in 1 ccm:																		
Oberhalb München	480	890	880	600	950	7450	2600	700	1400	700	700	1250	1200	1500	1700	400	verflüssigt	1000
Freising	760	6960	13550	8000	4000	21400	8700	7000	9750	7900	16250	17150	14800	11300	17400	5300	do.	16750
Landshut	3200	5700	10500	2300	2400	2600	2700	3500	5300	4600	3050	6050	3550	3700	3200	1850	8300	3800

Tabelle II (Fortsetzung).

Jahr		1906			1907			1908			1909			1910			1911			1912		
Monat und Tag		25. I.	28. II.	20. XII.	24. I.	25. II.	12. XII.	23. I.	27. II.	17. XII.	14. I.	11. II.	18. XII.	10. I.	7. II.	12. XII.	16. I.	6. II.	11. XII.	5. II.	1. III.	2. XII.
An den Untersuchungstagen beobachtete Pegelstände der Isar in m:																						
Freising . . .		1,12	1,12	0,83	0,77	0,85	0,80	0,45	0,7	0,78	0,84	0,96	0,70	0,69	0,76	1,04	0,65	0,6	0,55	0,9	1,10	0,98
Landshut . .		0,10	0,50	0,16	-0,10	0,20	0,15	-0,17	0,35	-0,07	-0,06	-0,04	0,23	0,27	0,29	0,20	-0,1	-0,16	-0,22	-0,15	0,23	0,03
Suspendierte Stoffe in mg pro Liter bei 105° C getrocknet (1. Gesamt, 2. Organisch, 3. Anorganisch):																						
Oberhalb München	1.	1,4	9	3,6	5,4	4,8	5,6	2,9	8,4	1,6	7,8	2,8	8,8	9,2	9,0	2,4	8,8	1,7	1,0	3,0	4,0	8,2
	2.	1,2	3	0,7	2,8	3,2	5,4	2,2	7,8	1,2	5,4	1	5,6	4,9	3,8	0,6	4,5	1,1	0	1,0	1,0	5,2
	3.	0,2	6	2,9	2,6	1,6	0,2	0,7	0 6	0,4	3,4	1,8	3,2	4,3	5,2	1,8	4,3	0,6	1	2,0	3.0	3
Freising . .	1	8,4	19,8	11	21,9	4,4	23,0	9,5	14,3	14,7	14,2	6,2	15,6	11,2	28,8	0,4	10,6	11,2	18,0	10,5	15,6	20,2
	2.	1,6	8,3	4,8	6,3	2	19	7,3	4,2	6	3,2	3,8	5,8	5	10,8	3,5	4,6	7,4	10	6,3	6,4	14,6
	3.	6,8	10,5	6,2	15,6	2,4	4	2,2	10,1	8,7	11	2,4	9,8	6,2	18	4,9	6	3,8	8	4,2	9,2	13,6
Landshut .	1.	7,8	70,4	7,0	20,5	12,4	18,3	7,9	13,0	4,0	11,3	5,6	36,3	7,5	10,1	16,5	14,0	12,0	7,0	18,2	17,0	10,7
	2.	1,7	7,0	2,0	1,3	3	2,8	2,4	2,8	1,0	3,6	2	3,2	1,5	1,6	2,5	2,8	3,5	2,8	3,2	4	2,5
	3.	6,1	63,4	5,0	19,2	9,4	15,5	5,5	10,2	3,0	7,7	3,6	33,1	6	8 5	14,0	11,2	8,5	4,2	15	13	8,2
Abdampfrückstand in mg pro Liter bei 105° C getrocknet:																						
Ob. München		243	231	218	250	227	235	223	217	226	230	235	217	221	219	215	236	228	229	228	215	220
Freising . . .		249	261	244	271	264	248	256	238	245	246	248	239	245	246	241	250	254	247	249	250	243
Landshut . .		257	247	257	277	277	263	247	228	278	267	260	237	247	237	253	263	277	273	257	243	243
Chlor in mg pro Liter:																						
Ob. München		0,9	1,7	0,8	1,1	1,0	1,6	1,8	2,3	2,6	3,5	3,9	1,2	1,6	1,2	1,2	1 0	1,5	2,0	1,0	1,0	1,5
Freising . . .		3,0	4,1	3,3	3,0	3,0	4,0	3,5	3,9	6,1	5,0	4,6	5,0	5,4	6,8	4,0	4,0	4,0	4,0	6,0	3,0	4,0
Landshut . . .		2,5	2,8	3,0	4,3	3,3	3,3	4,0	3,4	4,0	4,7	4,3	3,0	2,2	3,5	2,0	3,7	3,0	3,7	3,8	2,5	3,0
Kaliumpermanganatverbrauch in mg pro Liter:																						
Ob. München		6,7	6,0	8,3	5,9	7,6	10,8	4,6	4,8	4,4	3,6	5,2	8,8	7,0	6,4	6,4	11,2	10,4	6,4	6,8	7,6	6,4
Freising . . .		11,4	9,3	15,2	8,6	13,0	13,4	6,8	8,8	9,2	8,8	9,8	17,2	12,8	17,6	12,8	16,4	13,6	11,2	8,8	12,8	11,6
Landshut . . .		7,2	12,6	6,9	4,1	9,5	10,3	6,3	9,7	7,1	7,8	7,8	5,6	5,2	6,0	9,8	5,8	5,8	8,4	4,7	4,7	5,1
Bakterien in 1 ccm:																						
Ob. München		2500	450	540	450	2500	5500	1900	1700	570	850	650	650	6400	3200	900	1900	1200	250	350	400	550
Freising		15000	10000	5200	20000	13000	19000	9000	6000	7300	8300	6400	6800	15350	12800	5800	4600	4209	9400	5800	10200	12800
Landshut . . .		2700	8600	4650	2300	5650	5700	5250	5300	5450	6700	2150	2700	5400	7800	3050	3750	5600	3700	3500	2750	2450

Tabelle III. Untersuchungen des Isarwassers oberhalb München und

		1900	1901	1902		1903		1904		1905	
		20. VI.	7. VIII.	7. VI.	21. VII.	26. VI.	25. VII.	28. V.	25. VI.	8. V.	30. VIII.
An den Untersuchungstagen beobachtete											
		1,80	1,70	1,85	1,87	1,78	2,20	1,70	1,90	2,20	2,14
Suspendierte Stoffe in mg pro Liter bei 105° C											
Oberh. München	1.	181	69	88	527	54	372	37	217	415	170
	2.	7	8	6	20	4	15	3	12	60	39
	3.	174	61	82	507	50	356	34	205	355	131
Freising	1.	185	88	93	439	65	291	46	238	212	132
	2.	10	10	7	22	6	14	5	12	39	95
	3.	175	78	86	417	59	277	41	226	163	37
Abdampfrückstand in mg pro											
Oberhalb München		216	212	190	201	193	192	206	218	171	213
Freising		198	228	202	205	198	236	214	202	192	211
Chlor in mg											
Oberhalb München		0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,7	0,9
Freising		1,4	1,2	1,9	1,5	1,8	2,6	2,2	2,0	1,4	2,2
Kaliumpermanganatver-											
Oberhalb München		7,6	7,1	9,6	6,9	9,0	13,6	5,2	8,0	6,4	13,8
Freising		8,1	9,0	10,4	8,5	10,0	14,4	7,2	8,8	9,6	15,7
Bakterien											
Oberhalb München		2200	940	1500	6250	650	verflüssigt	1250	verflüssigt	verflüssigt	verflüssigt
Freising		9450	13800	10900	18400	9750	do.	10300	do.	do.	do.

erreicht wird. In diesem Jahre, speziell in dessen Spätsommer, mußte sich daher die Verunreinigung durch die Münchener Kanalwässer besonders bemerklich machen.

Es wurde deshalb außer den monatlichen Untersuchungen, bei welchen das Isarwasser bei Thalkirchen (12,3 km oberhalb des Hauptauslasses), bei Freising (26,4 km vom Hauptauslaß) und bei Landshut (65,6 km vom Hauptauslaß) entnommen wird, im September 1911 noch eine Untersuchungsreihe ausgeführt, bei welcher das Wasser der Isar weiter oberhalb Münchens bei Grünwald (20 km oberhalb des Hauptauslasses), bei Ismaning (4,7 km vom Hauptauslaß) und bei Freising (26,4 km vom Hauptauslaß) entnommen wurde.

bei Freising 1900—1912 (Monate mit den höchsten Wasserständen).

1906		1907		1908		1909		1910		1911		1912	
30. V.	26. VII.	25. V.	30. VI.	30. VII.	10. VIII.	1. IX.	29. IX.	6. VI.	7. VII.	6. VI.	5. VII.	3. VI.	1. VII.
Pegelstände der Isar bei Freising.													
2,50	2,18	2,20	1,40	1,20	1,38	1,20	1,20	1,52	1,70	1,70	1,40	1,50	1,50
getrocknet (1. Gesamt, 2. Organisch, 3. Anorganisch.)													
110	**202**	**411**	**59**	**94**	78	**15**	**9**	**102**	**118**	**41**	**16**	**48**	**42**
6	12	99	9	7	4	3	3	23	54	4	9	17	17
104	190	312	50	87	74	12	6	79	59	37	7	31	25
134	**65**	**385**	**59**	**99**	**83**	**25**	**17**	**187**	**186**	**60**	**24**	**86**	**68**
2	4	67	9	10	8	8	8	41	98	19	7	36	28
132	61	318	50	89	75	17	9	96	88	41	17	50	40
Liter bei 105° C getrocknet:													
198	194	167	195	198	194	207	208	186	203	206	209	196	203
201	210	186	206	212	205	218	220	190	203	215	228	208	211
pro Liter:													
1,5	1,2	0,9	0,8	0,8	1,0	1,6	2,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0
2,2	1,7	1,8	2,5	2,8	2,4	3,6	6,5	4,0	5,0	5,0	5,1	3,0	3,0
brauch in mg pro Liter:													
7,4	17,6	7,6	5,5	8,4	9,4	13,2	16,8	10,4	15,2	9,8	11,2	12,8	13,6
9,7	24,8	8,4	6,6	9,6	10,4	17,2	25,2	12,0	23,2	12,0	16,0	20,0	23,2
in 1 ccm:													
400	2600	1950	750	900	2400	800	1000	1150	13000	1300	950	800	1200
3700	3200	8000	11000	8000	11000	12200	13500	12500	28800	19200	12200	12200	16300

Bei der Einführung der monatlichen Isaruntersuchungen wurden die Entnahmezeiten an den einzelnen Entnahmestellen so gewählt, daß man an ihnen unter Berücksichtigung der Wassergeschwindigkeit annähernd jeweils dasselbe Wasser schöpfte. Die Isar braucht bei Nieder-Mittelwasser zum Durchlaufen der Strecke Unterföhring—Freising i. M. $5\frac{1}{2}$, der Strecke Unterföhring—Landshut i. M. 12 Sekunden; das Wasser wird daher entnommen früh morgens bei Thalkirchen, nachmittags 3 Uhr bei Freising und nachts 10 Uhr in Landshut. Diese Zeiten werden seit Einführung der monatlichen Untersuchungen eingehalten. Die Entnahme geschieht bei Thalkirchen vom linken Ufer aus, bei

(Fortsetzung des Textes S. 171.)

Tabelle IV. Monatliche Untersuchungen des Isarwassers oberhalb Münchens, bei Freising und Landshut im Jahre 1911.

Monat und Tag		16. I.	6. II.	27. III.	10. IV.	6. V.	14. VI.	5. VII.	23. VIII.	4. IX.	16. X.	8. XI.	11. XII.
Temperatur der Luft in ° C:													
Oberh. München		—4	—1	2	0	17	10	13	19	18	9	0	3
Freising		—6	2	2	6	25	12	20	23	28	10	9	5
Landshut		—13	1	4	2	16	11	16	19	18	9	4	1
Temperatur des Wassers in ° C:													
Oberh. München		1	3	5	4	14	12	14	17	14	11	5	2
Freising		0	4	6	6	16	12	15	19	20	10	7	4
Landshut		0	3	8	7	15	17	19	22	19	13	8	4
An den Untersuchungstagen beobachtete Pegelstände in m:													
Freising		0,65	0,6	1,10	0,88	1,7	1,4	1,4	0,86	0,82	0,92	0,92	0,55
Landshut		—0,1	—0,16	—0,18	—0,07	0,9	0,45	0,56	—0,22	—0,18	—0,09	—0,2	—0,22
Farbe und Klarheit des Flusses:													
Oberh. München		grün, klar	grün, klar	grün, klar	grün, klar	grau sehr trüb	graugrün wenig trüb	graugrün wenig trüb	grün, klar	grün. klar	grün, klar	grün, klar	grün, klar
Freising		graugrün trüb	graugrün zieml. trüb	graugrün sehr trüb	graugrün trüb	grau sehr trüb	grau, trüb	grau, trüb	graugrün trüb	grau zieml. trüb	graugrün trüb	grau zieml. trüb	grau, trüb
Landshut		dunkelgrau grün, trüb	graugrün zieml. trüb	gelblich-braun, trüb	graugrün wenig trüb	graugelb trüb	gelbgrün wenig trüb	gelbgrün wenig trüb	dunkelgrün zieml. klar	dunkelgrün fast klar	dunkelgrün trüb	dunkelgrün trübflockig	dunkelgrün trüb
Suspendierte Stoffe in mg pro Liter bei 105° C getrocknet (1. Gesamt, 2. Organisch, 3. Anorganisch):													
Oberhalb München	1.	8,8	1,7	4,6	0,8	41,2	12,0	16,0	10,0	9,0	2,4	8,0	1,0
	2.	4,5	0,6	2,0	0,2	4,4	4,0	9,0	5,9	3,9	0,2	1,0	0,0
	3.	4,3	1,1	2,6	0,6	36,8	8,0	7,0	4,1	5,1	2,0	2,0	1,0
Freising	1.	10,6	11,2	47,6	33,4	60,0	22,0	24,4	28,8	34,2	10,5	32,0	18,0
	2.	4,6	7,4	14,8	16,0	19,2	6,0	7,2	17,5	18,6	4,4	17,0	10,0
	3.	6,0	3,8	32,8	17,4	40,8	16,0	17,2	11,5	15,6	6,1	15,0	8,0
Landshut	1.	14,0	12,0	21,2	11,5	110,0	36,9	36,9	12,5	11,5	6,4	4,5	7,0
	2.	2,8	3,5	3,2	1,0	2,0	8,6	1,7	1,8	1,7	1,3	0,5	2,8
	3.	11,2	8,5	18,0	10,5	108,0	28,3	35,2	10,7	9,8	5,1	4,0	4,2

Abdampfrückstand in mg pro Liter bei 105° C getrocknet:												
Oberh.München	236	228,4	222	221,2	206	200,8	209	230	212	230	222	229
Freising	250,4	254,4	241,6	249,2	215,2	230	228	276	246	250,5	233	247
Landshut . . .	263,3	276,7	256,7	256	213,2	233,3	230	250	255,3	258,7	260	273,3
Chlor in mg pro Liter:												
Oberh.München	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	0,5	1,2	2,0
Freising	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0	4,9	5,1	5,0	6,0	4,0	4,0	4,0
Landshut . . .	3,7	3,0	2,5	2,3	1,3	1,3	1,7	3,3	3,9	3,7	4,7	3,7
Ammoniak in mg pro Liter:												
Oberh.München	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Freising	2,0	0,5	0,2	1,5	0,5	0,3	0,2	1,5	1,0	1,0	0,8	1,0
Landshut . . .	Spur	0	0	0	0	0	0	Spur	0	0	Spur	Spur
Salpetrige Säure:												
Oberh.München	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Freising	Spur	+	+	0	Spur	Spur	+	+	Spur	+	Spur	+
Landshut . . .	0	0	0	0	0	0	0	0	Spur	Spur	Spur	Spur
Salpetersäure in mg pro Liter:												
Oberh.München	1,2	1,7	1,2	1,2	1,1	0,9	1,1	1,5	1,7	1,1	1,2	1,6
Freising	4,0	4,3	3,0	3,1	1,2	2,0	2,3	3,4	3,1	2,8	3,7	3,9
Landshut . . .	4,2	4,6	4,3	4,1	1,0	1,4	1,2	3,3	3,3	3,4	4,1	4,4
Kaliumpermanganatverbrauch in mg pro Liter:												
Oberh.München	11,2	10,4	8,4	6,8	9,8	10,4	11,2	9,2	6,0	6,4	6,8	6,4
Freising	16,4	13,6	14,0	13,2	12,0	17,6	16,0	16,8	16,0	12,0	12,8	11,2
Landshut . . .	5,8	5,8	4,8	6,7	13,4	6,5	6,7	7,7	6,2	5,3	5,1	8,4
Bakterien in 1 ccm:												
Oberh.München	1900	1200	1400	800	1280	750	930	750	850	450	500	250
Freising	4600	4200	8600	7500	19200	6800	12200	14500	28500	10200	14000	9400
Landshut . . .	8750	5600	7300	7200	1250	8120	9230	6540	5300	4760	4810	3710

Tabelle V. Untersuchungen des Isarwassers oberhalb Münchens (bei Grünwald), bei Ismaning und Freising im Jahre 1911.

Datum	Ort der Entnahme	Temperatur von Luft °C	Temperatur von Wasser °C	Pegel in m	Farbe des Flusses	Klarheit des Flusses	Durchsichtigkeit in cm-Snellen I	Geruch	Faulfähigkeit bei 22° C Pb-Papier nach 5×14 Stunden	Faulfähigkeit bei 37° C n. Spitta-Weldert nach 16 St.	Suspend. Stoffe Gesamt mg im l	Suspend. Stoffe Organ. mg im l	Suspend. Stoffe Anorgan. mg im l	Abdampf-Rückstand mg im l	Cl mg im l	NH_3 mg im l	N_2O_3	N_2O_5 mg im l	Kaliumpermanganatverbrauch mg $KMnO_4$ pro l	Keimzahl pro 1 ccm
6. IX.	Ob. München 9 Uhr nachm.	17	19	—	grün	klar	über 40	0	0	0	1,0	0,2	0,8	226	1	0	0	0,6	5,1	120
7. IX.	Ismaning 6 Uhr Links	12	16	—	grau-grün	trüb	37	leicht moderig	0	0	12,0	8,4	4,0	244	5	0,8	0		12,6	26100
	Ismaning 6 Uhr Mitte	12	16	—	do.	do.	36	do.	0	0	8,4	5,1	3,3	243	5	0,8	0	1,2	14,4	32400
	Ismaning 6 Uhr Rechts	12	16	2,3	do.	do.	37,5	do.	0	0	15,8	6,8	9,0	244	5,5	0,0	Spur		14,8	28800
7. IX.	Freising 11½ Uhr	26	18	0,84	grau	trüb	29	leicht moderig	0	0	22,0	15,5	6,5	246,4	5	1,0	0	2,8	17,0	16000
11. XI.	Ob. München 6 Uhr vorm.	4	12	—	grün	klar	über 40	0	0	0	1,0	0	1,0	228	1	0	0	0,8	6,5	140
	Ismaning 11½ Uhr Links	16	14	—	grau	trüb	26	moderig	0	0	27,1	18,4	8,7	255	5,5	2,5	0		25	45200
	Ismaning 11½ Uhr Mitte	16	14	—	do.	do. viel Suspensa	25	do.	0	0	33,5	19,1	14,4	256,2	5,5	2,8	0	1,5	26,8	86400
	Ismaning 11½ Uhr Rechts	16	14	2,1	do.	do.	24	do.	0	0	30,2	16,4	13,8	255	5,5	2,8	Spur		26,8	60500
	Freising 5 Uhr nachm.	20	16	0,75	grau	trüb	28	moderig	0	0	26,4	12,5	13,9	259	5,5	3,0	0	3,0	20,4	21300
15. XI.	Ob. München 6 Uhr vorm.	17	15	—	grün	klar	über 40	0	0	0	0,2	0	0,2	226,5	1	0	0	—	6,0	250
	Ismaning 11½ Uhr vorm.	18	14	2,2	grau	trüb	22	moderig	0	0	25,4	16,1	9,3	253	5	2,5	0	1,1	21,1	58500
	Freising 5 Uhr nachm.	14	17	0,8	grau	trüb	30	moderig	0	0	14,0	9,4	4,6	249,9	4,5	1,0	0	2,9	14,8	25800

Tabelle Va. Untersuchungen von Prausnitz bei Niederwasser.

Datum und Ort der Entnahme	Wasserführung cbm/Sek.	Abdampfrückstand mg im l	Kaliumpermanganatverbrauch mg per l	Bakterien in 1 cm
12. I. 1889 Thalkirchen	35,6	208,8	3,02	134
12. I. 1899 Ismaning		256,8	10,99	9396
13. I. 1889 Freising			5,80	3221
26. I. 1889 Thalkirchen	30,6	210,0	3,09	303
26. I. 1889 Ismaning		256,0	8,98	8691
27. I. 1889 Freising		262,8	5,40	6891
18. II. 1889 Ismaning	31,4	—	6,04	7230

Freising von einem auf der linken Flußseite verankerten großen Boot aus und in Landshut von einem unterhalb der Ländbrücke am rechten Ufer verankerten Floß aus, wobei immer aus dem strömenden Wasser geschöpft werden kann; in Freising und Landshut wurde die Entnahme auf eine Seite des Flußquerschnittes beschränkt, da es sich bei der Einführung der Isaruntersuchungen aus der chemischen Untersuchung von an verschiedenen Stellen des Flußquerschnittes geschöpften Proben ergab, daß sowohl bei Freising wie bei Landshut die Zusammensetzung derselben an allen Stellen des Querschnitts gleich war.

Für die im September 1911 ausgeführten Isaruntersuchungen (Grünwald—Ismaning—Freising) sind die Entnahmezeiten in Tabelle V aufgezeichnet. Bei Grünwald oberhalb München konnte die aus der Wassergeschwindigkeit sich ergebende Entnahmezeit wegen ungünstiger Zugverbindungen nicht genau eingehalten werden, was übrigens ohne Belang ist, da die Zusammensetzung der Isar oberhalb München bei Nieder-Mittelwasser, so lange sich der Pegelstand nicht ändert, immer dieselbe ist; bei Grünwald wurden die Proben (jeweils 10 bis 15 l) vom Ufer aus geschöpft; in Ismaning und Freising von einem Boot aus, während dasselbe schräg über die Isar hinübergerudert wurde, wobei rechts, links und in der Mitte Proben genommen wurden; die in Ismaning rechts, links und in der Mitte geschöpften Proben wurden meist getrennt untersucht, die bei Freising geschöpften vor der Untersuchung vereinigt.

Untersuchungsmethoden.

Diese sollen in folgendem kurz angegeben werden.

1. Regelmäßig ausgeführte Untersuchungen.

Abdampf- und Glührückstand. 500 ccm des durch ein Faltenfilter filtrierten, im Meßkolben abgemessenen Wassers wurden in flachen Platinschalen auf dem Wasserbad zur Trockene abgedampft, im Trockenschrank bei 105° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und gewogen.

Hierauf wurde der Rückstand vorsichtig über einem Pilzbrenner verascht, wobei nur bis zu dunkler Rotglut erhitzt wurde, dann mit einigen Tropfen 5 proz. Ammoniumkarbonatlösung befeuchtet, auf dem Wasserbad getrocknet, nochmals schwach erhitzt und nach dem Erkalten schnell gewogen.

Suspendierte Stoffe. 500 ccm des gut durchgeschüttelten unfiltrierten Wassers wurden im Meßkolben abgemessen und wie oben angegeben auf dem Wasserbad abgedampft, getrocknet und gewogen und die suspendierten Gesamtstoffe aus der Differenz der Abdampfrückstände des filtrierten und unfiltrierten Wassers, die suspendierten anorganischen aus der Differenz der Glührückstände beider Proben berechnet.

Daneben habe ich häufig die suspendierten Stoffe direkt bestimmt, wobei das gut durchgeschüttelte, in einem Litermeßkolben abgemessene Wasser, nachdem es sich nach einigem Stehen geklärt hatte, durch einen mit Asbest beschickten Goochtiegel filtriert wurde, worauf der Tiegel bei 105° getrocknet und gewogen wurde. Bei der direkten Bestimmung wurden häufig etwas höhere Werte gefunden.

Chloride. Nach Mohr: 500 ccm des filtrierten Wassers wurden auf ca. 50 ccm eingedampft, auf 100 ccm aufgefüllt und mit Silbernitratlösung titriert.

Ammoniak. An Ort und Stelle erfolgt die Vorbereitung des Wassers durch Fällen von 200 ccm mit Soda-Natronlauge; im Laboratorium erfolgt die kolorimetrische Bestimmung des vom Niederschlag abgegossenen Wassers mit Neßlers Reagens in Hehnerschen Zylindern.

Salpetrige Säure. An Ort und Stelle werden 100 ccm mit Schwefelsäure und Jodzinkstärkelösung versetzt; die sofort in einen dunklen Kasten gestellte Probe wird nach Ablauf einer Viertelstunde aus diesem wieder herausgenommen und der Ausfall der Reaktion (Spur, +, ++) notiert.

Salpetersäure. Nach Schultze-Tiemann. 2 l Wasser werden auf ca. 20 ccm eingedampft und in das Destillationskölbchen quantitativ übergefüllt. Die bei der Destillation in der Meßröhre sich ansammelnde Stickoxydmenge ist nur klein, die Hauptmenge der Gasblasen geht erst über, nachdem im Kölbchen das Vakuum erzeugt war. Das Erhitzen wird so lange fortgesetzt, bis die Flüssigkeit im Kölbchen nur mehr wenige ccm beträgt und die Flüssigkeit die Farbe des Eisenchlorids angenommen hat. —

Daneben habe ich häufig die kolorimetrische Methode nach Noll ausgeführt; die damit gefundenen Werte waren durchschnittlich um ein paar Milligramm höher wie die nach Schultze Tiemann erhaltenen.

Oxydierbarkeit. Nach Kubel-Tiemann. Angewandt wurden von dem oberhalb München entnommenen Wasser 100 ccm, von dem unterhalb München entnommenen 50 ccm, verdünnt mit 50 ccm destilliertem Wasser; die Proben, mit einem frisch ausgeglühten Bimsteinstückchen versetzt, wurden 10 Minuten gekocht mit Kaliumpermanganat.

Bestimmung der Keimzahl. An Ort und Stelle, bzw. in einem ganz in der Nähe des Flusses liegenden Hause werden je zweimal 0,5 ccm und zweimal 0,2 ccm des Flußwassers in Petrischalen gebracht und mit verflüssigter Fleischwassergelatine gemischt; Zählung der Kolonien nach 48 Stunden auf der Wolffhügelschen Zählplatte.

2. Nicht regelmäßig ausgeführte Untersuchungen.

Durchsichtigkeit. Mittels der Leseprobe: Snellensche Schriftptobe Nr. 1 unter dem mit Wasser gefüllten Zylinder (40 cm Höhe, 2 cm Durchmesser), der unten seitlich einen Abflußhahn besitzt.

Faulfähigkeit. a) Mittels der Geruchsprobe; Aufbewahrung der Proben bei 22°; Einhängen eines Bleipapiers in den Flaschenhals.

b) Mittels der Methylenblauprobe nach Spitta-Welder t; Aufbewahrung der Proben bei 37° 16 Stunden.

Sauerstoffbestimmung. Nach Winkler: die Ausführung erfolgt genau nach der von Spitta[1]) angegebenen Vorschrift; Entnahme der Wasserproben mittels des von Spitta-Imhoff angegebenen Reise-Entnahmeapparates[2]) in geeichten Glasflaschen von ca. 250 ccm Inhalt; eine Probe wird an Ort und Stelle mit den Reagentien versetzt, mit Glasstopfen und Flaschenverschluß versehen, die andere Probe bleibt 48 Stunden im Dunkeln bei 22°; worauf der Sauerstoffgehalt bestimmt wird.

Elektrisches Leitvermögen. Mittels des von Pleißner[1]) hierzu angegebenen Apparates von der Firma Bosse & Co., Berlin.

Untersuchungs-Ergebnisse.

Bevor ich auf dieselben eingehe, sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Isar nach Aufnahme der Münchener Sielwässer bis Freising keine weitere Verunreinigung und keine Nebenflüsse empfängt; durch die zwischen Freising und Landshut mündenden Nebenflüsse, in erster Linie die wasserreiche Amper, wird das Isarwasser dagegen erheblich verdünnt; ferner leitet Freising teilweise seine Abwässer in die Moosach und durch diese in die Isar, auch Moosburg ist in den letzten Jahren teilweise kanalisiert, die Abwässer gehen in die Mühlbäche und durch diese in die Isar.

Suspendierte Stoffe.

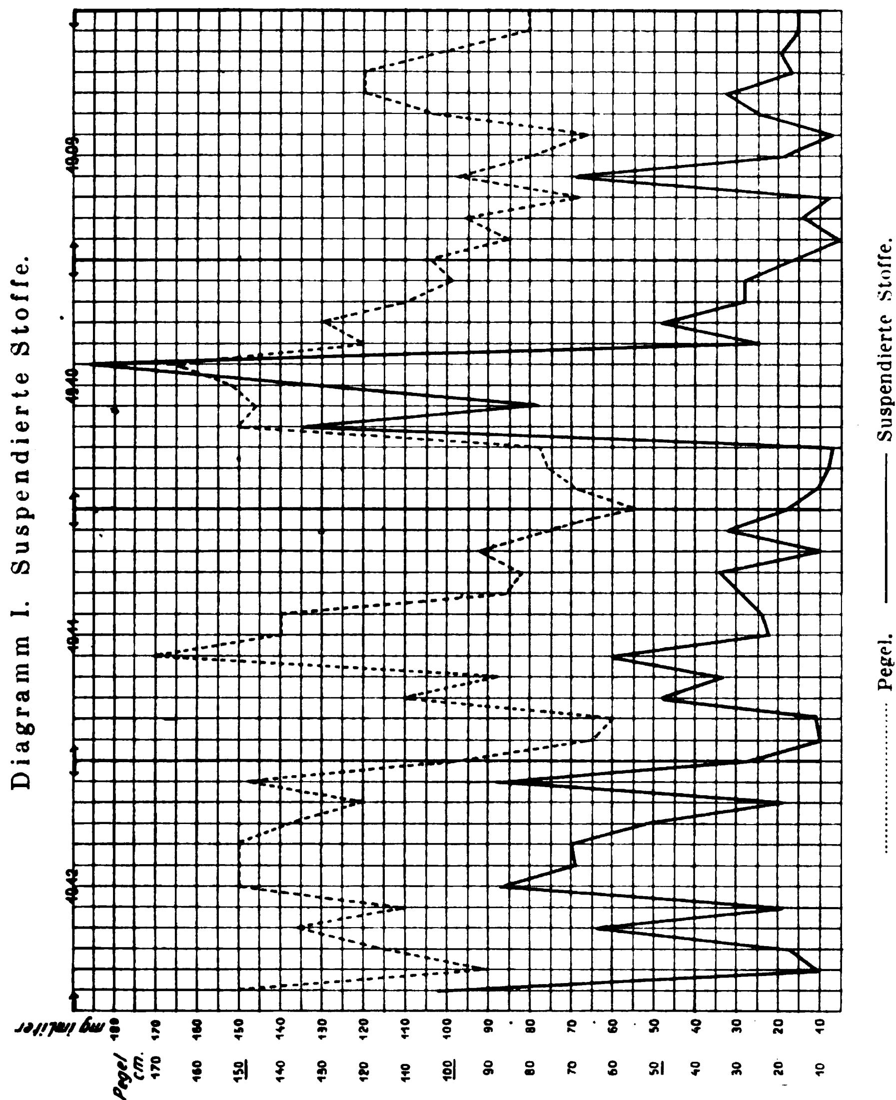
Ihre Menge ist den größten Schwankungen unterworfen; während sie oberhalb München bei niedrigen Wasserständen

1) Spitta, Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers S. 58.

2) Spitta-Imhoff, Mitt. d. Prüfungsanstalt für Wasservers. und Abwasserbeseit. Heft VI, S. 84.

3) Pleißner, Wasser und Abwasser 1910.

nur wenige Milligramme oder Bruchteile von solchen beträgt, steigt sie bei Hochwasser auf das 50-, 100- bis 400 fache dieses Betrages an. Ihre Zusammensetzung ist bei Hoch- und Niederwasser durchschnittlich verschieden, insofern als bei Hochwasser



die mineralischen Teilchen sowohl oberhalb wie unterhalb München weitaus überwiegen, während bei Niederwasser unterhalb München (bei Ismaning, Freising, Landshut) durchschnittlich viel mehr organische Teilchen vorhanden sind wie oberhalb der Stadt.

Daß die Schwebestoffe bei hohen Wasserständen in großer, bei niederen in geringerer Menge vorhanden sind, zeigt Diagramm I: die Kurve, welche die Menge der suspendierten Stoffe anzeigt, geht ziemlich parallel der Kurve der Pegelstände. Daß das Sinken und Steigen der supendierten Stoffe mit den Wasserständen oberhalb München und bei Freising ziemlich parallel erfolgt, zeigt Diagramm II und III.

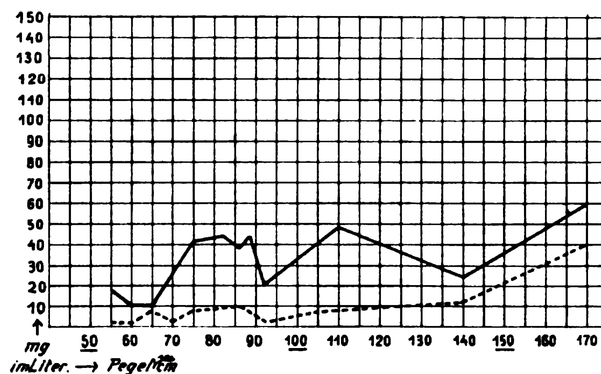


Diagramm II.

Suspendierte Stoffe 1911.

.... Oberh. München

———— Freising

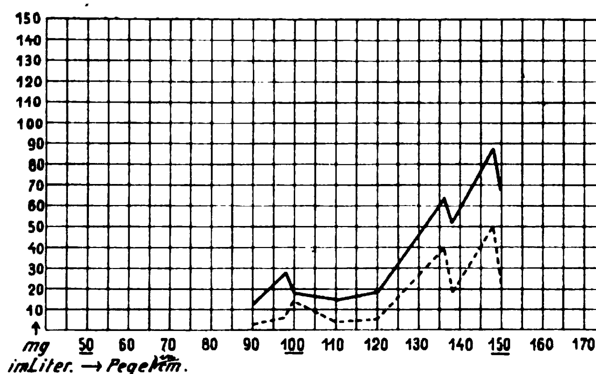


Diagramm III.

Suspendierte Stoffe 1912.

.... Oberh. München

———— Freising

Aber die in 1 l Wasser vorhandene Menge der Schwebestoffe ist bei Nieder-Mittelwasser unterhalb München naturgemäß eine viel größere wie oberhalb.

Zur Zeit des außergewöhnlichen Niederwassers im September 1911 führte die Isar oberhalb München bei Grünwald i. M. 0,7, bei Ismaning i. M. 23,2 und bei Freising i. M. 17,5 mg Schwebestoffe im Liter, somit bei Ismaning rd. 33 mal und bei Freising rd. 25 mal soviel Schwebestoffe wie oberhalb München.

Da bei den monatlichen Untersuchungen des Isarwassers oberhalb München, nicht bei Grünwald (20 km), sondern bei Thalkirchen (12,3 km vom Hauptauslasse) entnommen wird und die Isar hier nach den Untersuchungen mehr suspendierte Stoffe führt wie bei Grünwald, so ergibt sich aus den Zahlen der Monatsuntersuchungen für das Wasser bei Freising und Landshut eine geringere Zunahme der Schwebestoffe.

Nach den Monatsanalysen 1911 enthält das Isarwasser bei Thalkirchen i. M. in 1 l 6,3, bei Freising 27,7, bei Landshut 23,7 mg Gesamtschwebestoffe. Die Menge des Organischen in den Schwebestoffen betrug im Jahre 1911 bei den niedersten Wasserständen (Februar und Dezember) im Wasser bei Thalkirchen i. M. 17,5%, bei Freising i. M. 60,5% und bei Landshut i. M. 34,5% des Gesamtgewichtes.

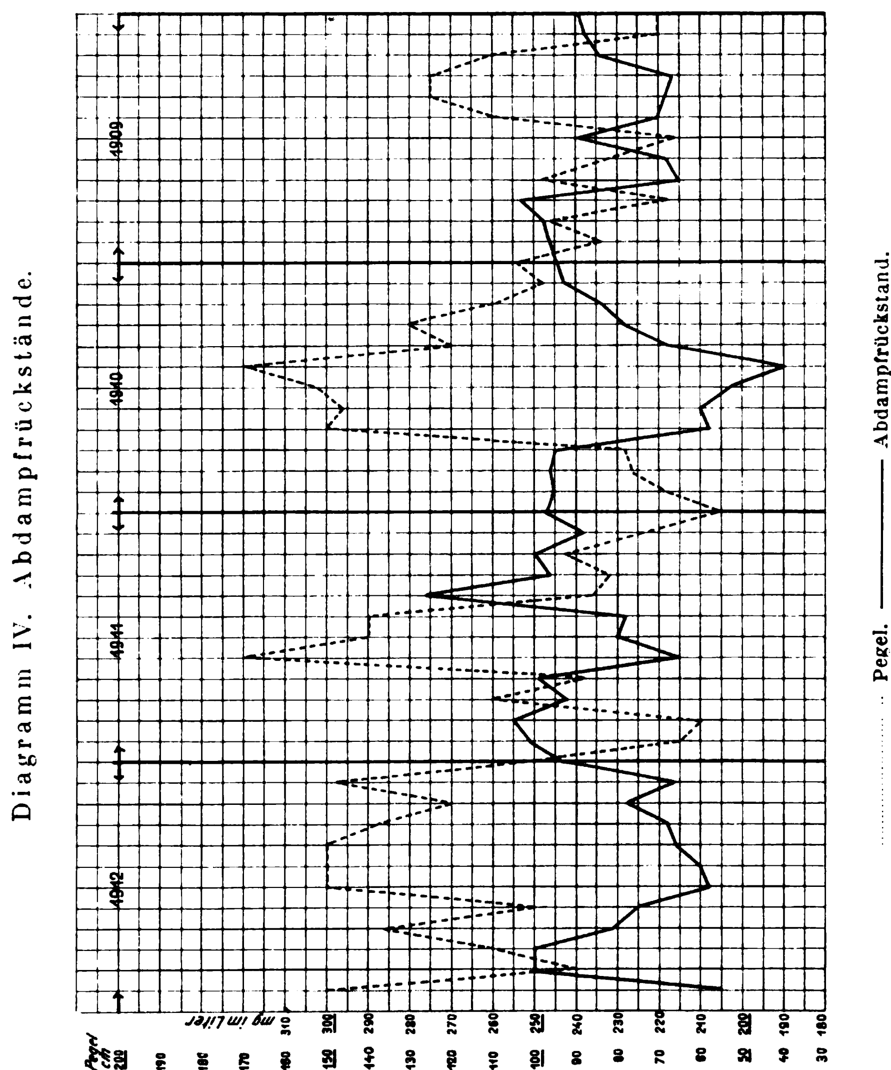
In der Zeit, während welcher ich die Isaruntersuchungen oberhalb München und bei Freising ausführe (seit September 1908) fand ich bei niederen Wasserständen (0,45 bis 1,0 m Pegel in Freising) bei Thalkirchen i. M. 5,3, bei Freising i. M. 14,8 mg Schwebestoffe im Liter, während sich für die an denselben Tagen in Landshut geschöpften Wasserproben i. M. 12,7 mg Schwebestoffe im Liter Wasser ergeben.

Abdampfrückstände.

Diese verhalten sich umgekehrt wie die Schwebestoffe, insofern als hohen Wasserständen niedere Abdampfrückstände, niederen Wasserständen hohe Abdampfrückstände entsprechen, wie aus Diagramm IV zu ersehen ist, in welchem die Pegelstände und Abdampfrückstände bei Freising für die Jahre 1909 bis 1912 aufgezeichnet sind. Die ausgezogene Kurve der Abdampfrückstände wendet sich fast stets nach der entgegengesetzten Seite wie die punktierte der Pegelstände; es gilt dies ebenso für das Wasser oberhalb München wie für das bei Freising (cf. Diagramm V und VI) und bei Landshut.

Betrachtet man die Werte der Abdampfrückstände bei Nieder-Mittelwasser oberhalb München und bei Freising, so sieht man, daß dieselben verhältnismäßig wenig voneinander abweichen

(mittlere Abdampfrückstände 1911 oberhalb München 220,5, bei Freising 243,5 mg). Dies rührt wohl daher, daß durch den Eintritt der alkalisch reagierenden Sielwässer zum Flußwasser ein



Teil der in diesem gelösten Bikarbonate der alkalischen Erden ausgefällt wird.

Bei Landshut werden trotz der erheblichen Verdünnung, welche die Isar auf der Strecke Freising—Landshut durch Nebenflüsse erfährt, fast immer höhere Abdampfrückstände gefunden

als bei Freising (cf. Tab. III u. IV). Mittlerer Abdampfrückstand 1911 bei Landshut 252,2 mg; dies rührt nach den Untersuchungen von W i l l e m e r[1]) davon her, daß von den Nebenflüssen der Isar einige, speziell die Moosach und die Sempt, wesentlich höhere Abdampfrückstände haben (i. M. 287 mg) wie die Isar.

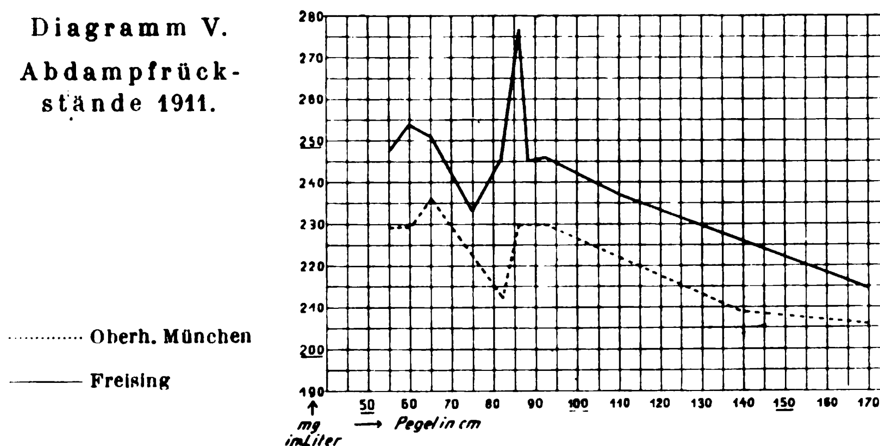


Diagramm V. Abdampfrückstände 1911.

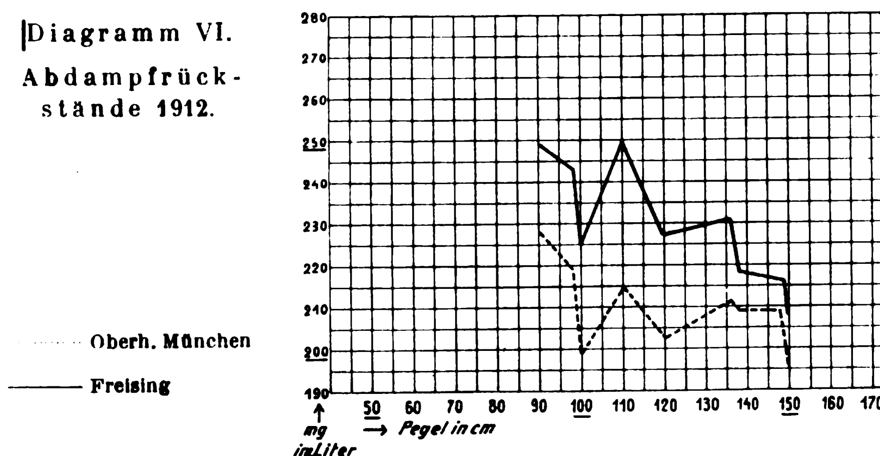


Diagramm VI. Abdampfrückstände 1912.

Beim Erhitzen färben sich die Abdampfrückstände des Isarwassers unterhalb München, speziell bei Freising, braun bis schwarzbraun infolge der Anwesenheit größerer Mengen von gelösten organischen Substanzen.

1) Bericht über die 16. Versammlung bayr. Nahrungsmittelchemiker.

Der sogenannte Glühverlust ist bekanntlich ein sehr unsicherer Wert und ein Vergleich der von verschiedenen Untersuchern erhaltenen Werte wenig verläßlich, da letztere je nach der Art, Dauer des Glühens usw., erheblich schwanken. Ich will deshalb auf die bei München, Freising und Landshut gefundenen Zahlen nicht weiter eingehen und nur erwähnen, daß ich in den Jahren 1909 bis 1912 bei Freising Glühverluste bis zu 103 mg im Maximum pro l Wasser fand, und daß der Durchschnittsglühverlust aus den 12 Monatsuntersuchungen 1911 daselbst 74,4 mg betrug. Der durchschnittliche Glühverlust bei den drei Untersuchungen zurzeit der großen Trockenheit im September 1911 (Tab. V) betrug für das Isarwasser bei Grünwald oberhalb München 26 mg, bei Ismaning 107 mg, bei Freising 102 mg pro l Wasser.

Das elektrische Leitvermögen der Isar bei niederen Wasserständen beträgt oberhalb München i. M. $K_{18} = 2{,}82 \cdot 10^{-4}$, bei Freising i. M. $K_{18} = 3{,}2 \cdot 10^{-4}$.

Oxydierbarkeit.

Der Kaliumpermanganatverbrauch gilt bekanntlich als Maßstab für die gelösten organischen Stoffe; da diese sehr verschieden stark von Kaliumpermanganat angegriffen werden, gibt die Methode nur unvollkommenen Aufschluß über deren Mengen. Die gelösten organischen Substanzen, an dem Kaliumpermanganatverbrauch gemessen, verhalten sich in der Isar ähnlich wie die suspendierten Stoffe (cf. Diagramm VII); höheren Wasserständen geht höherer Gehalt des Wassers an gelösten organischen Substanzen — höhere Oxydierbarkeit — parallel. Starke Regengüsse und die Schneeschmelze, welche das Steigen des Wasserstandes verursachen, bringen aus den Mooren, von den gedüngten Äckern und Wiesen neben vielen Schwebestoffen auch reichlich gelöste organische Stoffe in die Isar, so daß bei Hochwasser sich oberhalb München höhere Werte für die Oxydierbarkeit finden wie bei Nieder-Mittelwasser unterhalb München (cf. Tabelle I u. III; Untersuchungen bei niederen und hohen Wasserständen).

Bei Landshut macht sich nach Willemer[1]) speziell dann eine sehr hohe Oxydierbarkeit im Isarwasser geltend, wenn infolge längerer und ausgiebiger Regengüsse in dem an moorigen Wiesen

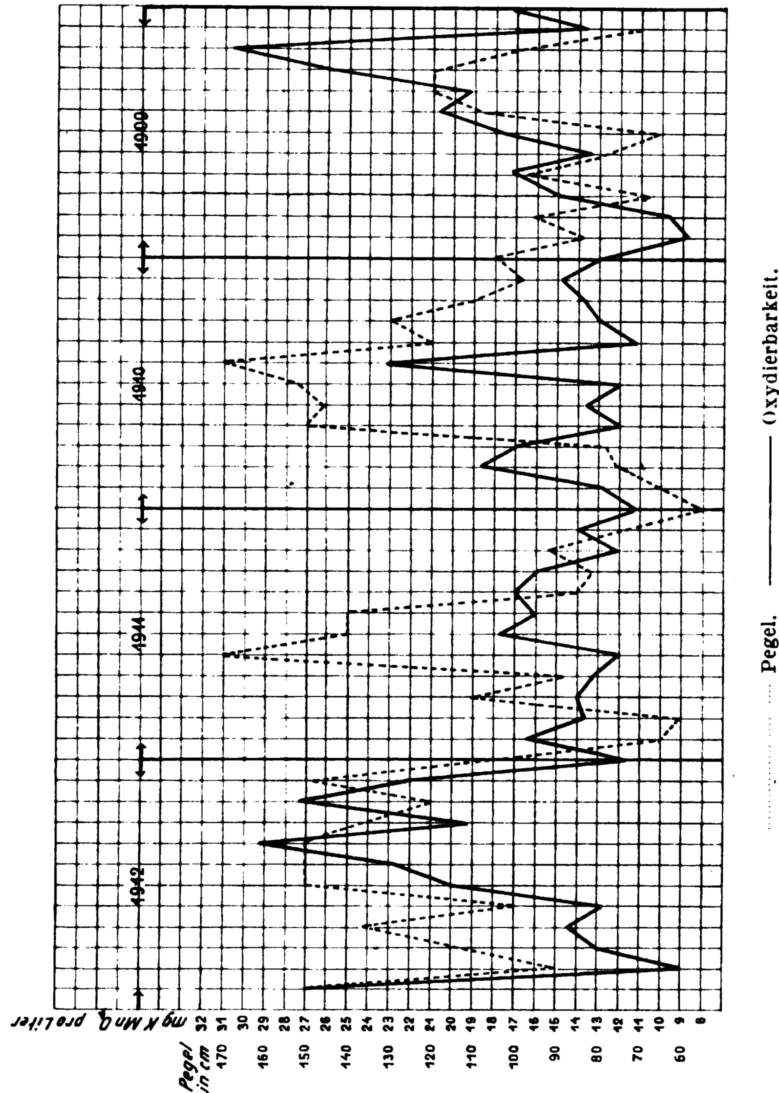


Diagramm VII. Oxydierbarkeit.

sehr reichen Ampertal die Isar steigt, weil die niedergehenden Regenwasser aus dem Boden eine Menge humöser Substanzen lösen, so daß dann die Isar bei Landshut hellkaffeebraun gefärbt erscheint.

1) Bericht über die 16. Versammlung bayer. Nahrungsmittelchemiker.

Die Durchschnittszahlen der Oxydierbarkeit des Isarwassers waren im Jahre 1911 oberhalb München: bei Grünwald 5,9, bei Thalkirchen 8,6, unterhalb München: bei Ismaning 20,2, bei Freising 16,1 und bei Landshut 6,84 mg $KMnO_4$ pro l. Bezüglich des viel niedereren Wertes bei Landshut erinnere ich daran, daß auf der Strecke Freising—Landshut eine erhebliche Verdünnung der Isar durch die fast ebensoviel Wasser führende Amper erfolgt. Nach den obigen Durchschnittszahlen war die Oxydierbarkeit bei Ismaning 3,4 mal und bei Freising 2,7 mal so hoch als bei Grünwald.

Chloride.

Wie die gelösten Stoffe insgesamt, schwanken natürlich auch die einzelnen mehr oder minder stark je nach Wasserständen. Bei Nieder-Mittelwasser betrug der Chlorgehalt für 1 l Wasser im Jahre 1911 oberhalb München i. M. 1,0, bei Freising 4,8, bei Landshut 2,93 mg.

Der Zuwachs an Chloriden unterhalb München ist natürlich ausschließlich auf den Einfluß der Münchener Sielwässer zurückzuführen; an und für sich ist er ja auch hier noch recht nieder.

Stickstoffverbindungen.

Oberhalb München ist das Isarwasser stets frei von Ammoniak und salpetriger Säure, bei Ismaning und Freising führt es meist nachweisbare Mengen von Ammoniak, im Jahre 1911 bei Ismaning i. M. 1,86 mg, bei Freising i. M. 1,15 mg im l. Salpetrige Säure bei Ismaning meist 0 bis Spuren und bei Freising fast stets Spuren bis deutlich nachweisbare Mengen.

Die Werte der Salpetersäure verhalten sich bei verschiedenen Wasserständen wie die Abdampfrückstände (Diagramm VIII), sie sind hoch bei niederen und nieder bei hohen Wasserständen. An Salpetersäure enthält das Isarwasser oberhalb München (Durchschnitt im Jahre 1911) 1,2, bei Freising 3,1, bei Landshut 3,30 mg im l.

Daß trotz der auf der Strecke Freising—Landshut stattfindenden Verdünnung des Isarwassers bei Landshut fast durchweg

(cf. Tab. IV) mehr Salpetersäure gefunden wird als bei Freising, ist darauf zurückzuführen, daß nach den Untersuchungen von Willemer von den auf der Strecke Freising—Landshut mün-

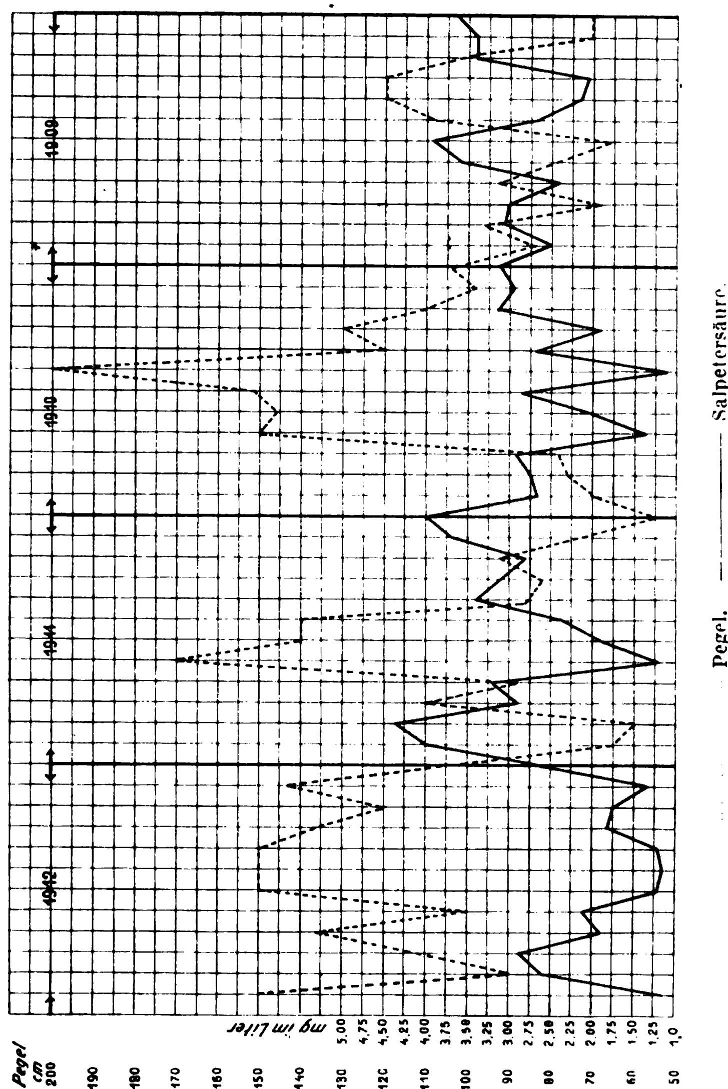


Diagramm VIII. Salpetersäure.

denden Nebenflüssen einige wesentlich höhere Salpetersäurewerte haben wie die Isar (z. B. der Roßbach i. M. 16 mg im l).

Die höchsten Salpetersäurewerte finden sich sowohl bei Freising als bei Landshut in den Wintermonaten Januar, Februar,

Dezember. Da zu dieser Zeit in der Regel die Wasserstände am niedersten sind, könnte man diese als die Ursachen von jenen ansehen. Willemer[1]) hat aber schon 1903 darauf hingewiesen, daß dies nicht zutrifft.

Er stellte die bei gleichen Wasserständen zu verschiedenen Jahreszeiten in Landshut gefundenen mittleren Salpetersäurewerte zusammen wie folgt:

Mittlere Wassermenge im Flusse cbm/Sek.	Mittlerer Gehalt an N_2O_5 mg im Liter			
	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
60	4,68	—	—	—
90	4,61	4,1	2.36	3,59
130	4,32	3,61	2,55	3,56
175	4,9	3,23	2,31	2,92
220	3,8	2,75	2,24	3.06
250	—	2,8	2,55	—

Er zog daraus den Schluß, daß die in den einzelnen Jahreszeiten gefundenen Salpetersäurewerte trotz verschiedener Wasserstände sehr nahe beieinander liegen, und daß der Gehalt an Salpetersäure viel mehr von der Jahreszeit als der Wassermenge abhängt, am besten ist die Unabhängigkeit der Salpetersäure von der Wassermenge im Sommer und Winter ausgeprägt. Er wies auch darauf hin, daß als Grund für die Verminderung der Salpetersäure im Isarwasser zur Sommerszeit die Flußvegetation anzusprechen sei, welche im Sommer mehr Salpetersäure konsumiere als in anderen Jahreszeiten. Grosse-Bohle[2]) konstatierte später dieselbe Tatsache für den Rhein.

Bakterien.

Wie die Menge der suspendierten Stoffe und gelösten organischen Substanzen, steigt bei höheren Wasserständen auch die Keimzahl schon oberhalb München, wie ein Vergleich der Tabellen II und III (Untersuchungen bei niederen und hohen Wasser-

1) Verwaltungsbericht des Stadtbauamtes, Abt. Kanalisation 1903.

2) Mitteil. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasservers. u. Abwasserbeseit, VIII (1907), 81.

ständen) ergibt, weil durch Schneeschmelze und Regengüsse von der Bodenoberfläche und aus den umgebenden gedüngten, keimreichen oberen Bodenschichten reichlich Keime abgeschwemmt werden.

Nur die Betrachtung der bei mittleren Wasserständen erhaltenen Keimzahlen kann daher hier wie bei den chemischen Bestandteilen einen Aufschluß über den Einfluß der Münchener Sielwässer geben.

Im Mittel der zur Zeit der außergewöhnlichen Niederwasserstände im September 1911 ausgeführten Untersuchungen (Tabelle V) führte die Isar oberhalb München (bei Grünwald) in 1 ccm Wasser 170, bei Ismaning rd. 48 300 und bei Freising rd. 21 000 Keime, also 284 bzw. 123 mal soviel wie bei Grünwald.

Der Keimgehalt des bei den monatlichen Untersuchungen oberhalb München bei Talkirchen geschöpften Wassers ist größer wie der des weiter oben bei Grünwald entnommenen. Nach den Monatsuntersuchungen 1911 hatte die Isar oberhalb München bei Thalkirchen durchschnittlich 900, bei Freising 11 640, bei Landshut 6950 Keime in 1 ccm.

In den Jahren 1909 bis 1912 fanden sich im Mittel der Untersuchungen bei niederen Wasserständen (0,55 bis 1,04 m Pegel bei Freising) bei Thalkirchen 1550, bei Freising 9010, bei Landshut 4280 Keime in 1 ccm.

Ich will noch erwähnen, daß ich im Jahre 1911 bei Niederwasser einigemal den Kolititer des Isarwassers bei Thalkirchen und bei Freising bestimmte in der Weise, daß zuerst der Thermophilentiter ermittelt wurde, indem an Ort und Stelle fallende Wassermengen in Bouillonröhrchen gebracht und darauf letztere 24 Stunden bei 37° gehalten wurden; dann wurden von den beiden letzten getrübten Röhrchen Abimpfungen gemacht in Traubenzuckeragar, Lackmusmolke, Neutralrotagar, Gelatineplatten gegossen und das Ausgangsröhrchen nach 48 Stunden auf Indol geprüft; bei positivem Ausfall aller dieser Proben wurde Bact. coli als vorhanden angenommen; die Resultate waren folgende:

	6. Februar		4. September		16. Oktober	
	Thermophilentiter	Kolititer	Thermophilentiter	Kolititer	Thermophilentiter	Kolititer
Oberhalb München	0,01	0	0,001	0	0,001	0,1
Freising	0,001	0,001	0,0001	0,001	0,0001	0,0001

Ich erwähne diese Untersuchungen nur der Vollständigkeit halber, ohne daraus, schon wegen ihrer geringen Zahl, irgendwelche Schlüsse zu ziehen; daß in der Isar unterhalb München sich stets wechselnde Mengen von Kolibakterien finden müssen, ist übrigens ohne weiteres klar; Professor Hofer wies schon früher darauf hin[1]).

Sauerstoffbestimmung.

Über den Sauerstoffgehalt der Isar berichtete schon Korschun[2]), welcher zu dem Resultat kam, daß der Sauerstoffgehalt des Isarwassers ziemlich nahe der Sättigungsgrenze liegt, und daß die Sauerstoffzehrung unterhalb München infolge der stattgefundenen Verunreinigung ausgiebiger ist wie oberhalb.

In der folgenden Tabelle sind einige von mir 1911 ausgeführte Sauerstoffbestimmungen zusammengestellt, welche diese Resultate bestätigen.

Entnahmeort	Wasser-temperatur	Barometer-stand	Sättigungs-wert °C 760 mm	Gef. Menge	Defizit	Zehrung nach 48 Stunden
	° C	mm	ccm im l	ccm im l	ccm im l	ccm im l
Januar						
Oberhalb München	1		9,51	8,93	0,58	0,062
Ismaning	0	730	9,78	8,91	0,87	2,74
Freising	0		9,78	8,99	0,79	2,2
Februar						
Oberhalb München	3		9,04	8,41	0,63	0,055
Ismaning	3	728	8,98	8,00	0,98	2,7
Freising......	4		8,81	7,95	0,86	2,1
September						
Oberhalb München	15		6,61	6,28	0,33	0,076
Ismaning	14	723	6,83	5,21	1,62	3,08
Freising	17		6,55	5,56	0,99	2,31
Oktober						
Oberhalb München	11	720	7,28	6,92	0,36	0,098
Freising	10		7,45	6,18	1,27	2,47

1) Münchn. Med. Wochenschr. 47 (1905).

2) Arch. f. Hyg. 61, 324. cf. auch Spitta, Arch. f. Hyg. 38, 161; Kißkalt, Zeitschr. f. Hyg. 53, 305; Breczina, Zeitschr. f. Hyg. 53, 369; Steuernagel u. Grosse-Bohle, Mitteil. d. Prüfungsanst. VIII, 83.

Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, daß der Sauerstoffgehalt der Isar hoch und nahe der Sättigungsgrenze liegt, wie es ja auch bei einem so rasch fließenden, stark bewegten Wasser zu erwarten ist; im Winter ist der Sauerstoffgehalt infolge der niedereren Temperatur höher wie im Sommer.

Das Sauerstoffdefizit war oberhalb München, also im reinen Wasser, größer bei niederer Temperatur (Januar, Februar), kleiner bei höherer Temperatur (September, Oktober), dagegen unterhalb München im verunreinigten Wasser kleiner bei niederer Temperatur (Januar, Februar), größer bei höherer Temperatur (September, Oktober). Es war im Moment der Entnahme am größten dort, wo auch die Keimzahlen am höchsten waren (bei Ismaning).

In dem unterhalb München entnommenen Wasser war die innerhalb 48 Stunden eintretende Sauerstoffzehrung viel ergiebiger. Sie war wieder um so größer, je keimreicher das betr. Wasser war (bei Ismaning und Freising größer wie oberhalb München); sie war aber nicht proportional der Keimzahl des Wassers, denn der Unterschied in der Sauerstoffzehrung zwischen dem bei Ismaning und dem bei Freising entnommenen Wasser beträgt nur 20 bis 25%, während die Keimzahlen bei Freising fast um die Hälfte niedriger sind als bei Ismaning.

Biologische Untersuchung.

Diese macht in keiner Weise Anspruch auf Vollständigkeit; ich habe im Sommer 1911, soweit es äußere Umstände ermöglichten, öfter Wasserproben mit dem Planktonnetz und an Ufer, Pfählen, Booten, Steinen usf. festsitzendes Material mit dem Pfahlkratzer bzw. Schlammbecher entnommen und es, soweit meine in der biologischen Untersuchung vorhandenen Kenntnisse ausreichten, untersucht und fand bei Freising und Ismaning Flagellaten, Infusorien, Rotifer vulgaris; daneben im Schlamm Schizophyceen, Diatomeen, Flocken von Sphaerotilus natans und Leptomitus lacteus, massenhaft tubifex-tubifex; ferner Larven von Chironomus plumosus und Tryplia setifera und niedere Crustaceen. Eine genaue Beschreibung des Planktons der Isar gab Hofer[1]).

1) a. a. O,

Ohne Zweifel hat, wie aus der oben gegebenen Übersicht über die Untersuchungsergebnisse zu ersehen ist, das Isarwasser durch die Beimischung der Münchener Kanalwässer auf eine weite Strecke starke Veränderung erlitten, speziell was die suspendierten Stoffe, die gelösten organischen Substanzen, Chloride, Stickstoffverbindungen und Bakterien betrifft, da es noch bei Freising von all diesen merklich größere Mengen enthält wie oberhalb München.

Selbstreinigung der Isar.

Bei der Selbstreinigung hat man die scheinbare und die eigentliche wohl auseinanderzuhalten.

Die scheinbare Selbstreinigung bewirkt infolge der Verdünnung und Sedimentation im Verlauf des Flusses in erster Linie eine Abnahme der verunreinigenden Stoffe. Man muß sich aber vergegenwärtigen, daß die vielleicht dadurch erlangte, meist aber nur vorgetäuschte Reinheit des Wassers durchaus keinem reinen Flußboden entspricht.

Unter der eigentlichen Selbstreinigung ist nur die auf biologische Prozesse zurückzuführende Abnahme der gelösten und abgelagerten organischen Stoffe zu verstehen.

Diese letztere verläuft bei der Isar, wenigstens auf der Strecke bis Freising, recht träge.

Die Abnahme der gelösten organischen Substanzen auf der Strecke Ismaning—Freising war bei den Untersuchungen im Spätsommer 1911 (Tab. V) nur gering. Wenn ich von der Untersuchung am 7. September, bei welcher die Werte der Glühverluste und Oxydierbarkeit in Freising sogar ein wenig höher waren wie in Ismaning, absehe, so hat die Qxydierbarkeit von Ismaning bis Freising um 29% abgenommen (bei Ismaning i. M. 24,9, bei Freising i. M. 17,6 mg Kaliumpermanganatverbrauch).

Auch sind die Unterschiede in der Sauerstoffzehrung des bei Ismaning und bei Freising entnommenen Wassers nicht sehr groß, immerhin betragen sie im Winter rd. 21%, im Sommer rd. 25%.

Daß auf der Strecke Ismaning-Freising eine Abnahme der gelösten organischen Stoffe durch biologische Prozesse erfolgt, ist sicher; nur ist sie ihrem Umfang nach recht beschränkt. Das ist aber bei der rasch fließenden, kalten Isar, welche diese Strecke in ca. 5½ Stunden durchläuft, auch nicht anders zu erwarten.

Auf der Strecke Freising—Landshut hat nach dem Durchschnitt der Monatsuntersuchungen der Jahre 1909 bis 1912 bei Niederwasser die Oxydierbarkeit um 49% abgenommen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß zwischen Landshut und Freising eine erhebliche Verdünnung der Isar durch die wasserreiche Amper erfolgt; die scheinbare starke Abnahme der gelösten organischen Substanzen auf dieser Strecke ist daher nicht auf eigentliche Selbstreinigung, sondern im wesentlichen auf Verdünnung zurückzuführen.

Für die rasche Ausscheidung der suspendierten Stoffe durch Sedimentation sind die Verhältnisse in der schnell fließenden Isar insofern nicht günstig, als die Schwebestoffe durch das rasch, strömende Wasser über eine weitere Strecke getragen werden bis sie sich absetzen; anderseits ist die höhere Stromgeschwindigkeit der Isar wieder günstig dadurch, daß sie die Schlammbildung weniger auffällig macht, indem sie das Abgelagerte über eine größere Fläche verteilt und das Sediment nirgends ruhig liegen läßt, sondern, wenn auch wesentlich langsamer wie das darüber befindliche Wasser, weiter schiebt (nach den Messungen des hydrotechnischen Bureaus ist bei der Isar die mittlere Sohlengeschwindigkeit kleiner als die Hälfte der mittleren Oberflächengeschwindigkeit).

Günstig für die Sedimentation sind bei der Isar der rauhe kiesige Untergrund, sowie daß sie auf größeren Strecken (cf. eingefügte Kartenskizze) verhältnismäßig breit und seicht ist; hier kommen alle Teile des Wassers in ausgiebigen Kontakt mit dem Kiesgrund.

Die Schwebestoffe nahmen im Mittel der Untersuchungen im Jahre 1911 auf der Strecke Ismaning—Freising um 25% und auf der Strecke Freising—Landshut um weitere 15% ab.

Daß die am Boden und an den Ufern abgelagerten Schwebestoffe — die noch schwebenden bei einem so rasch fließenden Gewässer wie die Isar wohl nur in sehr geringem Maße — durch biologische Vorgänge zum Verschwinden kommen, ist sicher, darauf deutet schon der Reichtum des vom Boden bzw. den Ufern entnommenen Materials an niederen pflanzlichen und tierischen Organismen hin. In welchem Umfang aber diese eigentliche Selbstreinigung bezüglich der Schwebestoffe erfolgt, läßt sich nicht feststellen[1]). Sie wird bei der Isar jedenfalls beeinträchtigt durch die alljährlich kommenden Hochwässer, welche ja allerdings in anderer Weise wieder sehr günstig wirken, indem sie alles Abgelagerte gründlich wegspülen und der Donau zuführen.

Das rasche Verschwinden der Bakterien aus dem fließenden Wasser ergibt sich aus allen Keimzählungen, ihre Zahl ist bei Landshut aber immer noch trotz der Verdünnung des Isarwassers auf der Strecke Freising—Landshut i. M. 2½ mal so groß wie bei Thalkirchen (Mittel der Untersuchungen bei niederen Wasserständen 1909 bis 1912).

Für die Abnahme der Bakterien sind verschiedene Momente maßgebend; in erster Linie die Sedimentierung, weil durch das Absinken der Schwebestoffe schon eine Menge freier Bakterien mechanisch mitgerissen werden, hauptsächlich aber deshalb, weil, wie Spitta[2]) gezeigt hat, an und in den suspendierten Teilchen des Sielwassers die Hauptmenge der Bakterien sitzt, so daß mit dem Herabsinken der Schwebestoffe auch ein Absinken, wenn auch noch kein Absterben der Bakterien einhergeht. Ferner sinkt durch die im Flusse eintretende Verdünnung des Sielwassers der Nährwert der Sielflußwassermischung erheblich, und die entwicklungsfähigen Bakterien nehmen, wie Rubner gezeigt hat, im Maße der Verdünnung oder noch mehr ab. Auch die Belichtung spielt eine[3]) gewisse, wenn auch keine große Rolle, und eine Beteiligung der niederen tierischen Organismen an der Bakterien-

1) cf. Hofer a. a. O.

2) Arch. f. Hyg. 46, 64.

3) Goldschmidt, Luxemburger, Neumayer, Praußnitz, Hyg. Rdschr. 1898, 161.

beseitigung[1]) ist nicht zu bezweifeln, wenn sie sich auch wohl weniger an den im Wasser schwebenden als an den sedimentierten Bakterien vollziehen wird.

Die auf Grund der Plattenzählmethode ermittelten Keimzahlen ergaben, daß im Durchschnitt eine Abnahme der Bakterien erfolgte auf der Strecke Ismaning—Freising um 57%, auf der Strecke Freising—Landshut um weitere 25% des Anfangsgehaltes, insgesamt also um 82%. Ganz ähnliche Zahlen erhielten seinerzeit Goldschmidt, Luxemburger, Neumayer, Praußnitz (cf. a. a. O.).

Ich muß aber erwähnen, daß bei diesen bakteriologischen Untersuchungen das Wasser immer nur einmal am Tage und nur an einer Stelle entnommen wurde, also nicht der ganze Flußquerschnitt berücksichtigt wurde. Obwohl bei Ismaning nach dem chemischen Befunde (cf. Tab. V) eine gute Durchmischung des Wassers angenommen werden darf, fanden sich bei der bakteriologischen Untersuchung des rechts, links und in der Mitte entnommenen Wassers doch recht erhebliche Differenzen im Keimgehalt. Ob sich eine ebenso starke Abnahme der Keime isarabwärts auch dann ergibt, wenn an möglichst vielen Stellen des Flußquerschnittes die Proben entnommen werden, muß erst die diesbezügliche, durch längere Zeit fortgesetzte und noch nicht abgeschlossene Untersuchung ergeben.

Fasse ich das über die Selbstreinigung der Isar Gesagte nochmals kurz zusammen, so ergibt sich, daß die eigentliche Selbstreinigung derselben gering ist und daß es hauptsächlich auf die im Flusse eintretende Verdünnung und Sedimentation zurückzuführen ist, wenn die durch die Einleitung der ungereinigten Münchener Sielwässer hervorgerufene Verunreinigung auf der Strecke bis Landshut allmählich abnimmt.

1) Emmerich, Zeitschr. f. Untersuch. d. Nahr.- u. Genußmittel VIII; Huntemüller, Arch. f. Hyg. 54, 89; Fehrs, Hyg. Rdsch. 16, 113; Korschun, Arch. f. Hyg. 61, 336; Schepilewksy, Arch. f. Hyg. 72, 73.

Folgen der Isarverunreinigung.[1])

Es fragt sich nun, ob und welche Schädigungen oder Gefahren die Verunreinigung des Isarwassers hervorbringt.

Ohne Zweifel ist durch die Einleitung des ungereinigten Kanalwassers in die Isar die Möglichkeit der Infektiosität desselben auf eine weite Strecke des Unterlaufes gegeben. Wenn auch die Wahrscheinlichkeit, daß von einem als infektiös Erkannten während der Krankheit ansteckungsfähige Keime ins Sielwasser gelangen, infolge der bei Infektionskrankheiten in München obligatorischen Desinfektion am Krankenbett nicht groß ist, so bleiben doch noch zahlreiche Möglichkeiten, auf die ich nicht eingehen will, übrig, durch welche pathogene Keime ins Sielwasser kommen können, ja sie werden wohl selten in ihm völlig fehlen.

Wenn nun auch, schon durch den Übergang aus den guten Lebens- und Ernährungsbedingungen im Kanalwasser in die schlechten des Flußwassers und weiterhin durch die zahlreichen Schädlichkeiten, denen pathogene Keime in einem offenen Wasserlaufe ausgesetzt sind, ihre Zahl sicherlich rasch und stark vermindert wird, so besteht doch die Möglichkeit, daß ein Bruchteil derselben in lebendem, virulentem Zustand bei der raschen Strömung der Isar eine große Strecke weit herabgeschwemmt werden kann.

Eine völlig befriedigende Befreiung des Sielwassers von den darin enthaltenen pathogenen Keimen läßt sich nur durch chemische Desinfektion desselben erreichen. Es wäre jedoch keinesfalls gerechtfertigt, von der Stadtgemeinde München zu verlangen, daß sie alljährlich große Summen für die fortlaufende Desinfektion ihrer gesamten Abwässer ausgibt. Eine solche Forderung der fortlaufenden städtischen Abwasserdesinfektion wird auch von keinem

1) Das Kgl. Staatsministerium des Innern hat zu Anfang des Jahres 1913 amtliche Erhebungen über tatsächlich durch die Einleitung der ungereinigten Abwässer Münchens in die Isar verursachte Übelstände, Veränderungen der Morbidität und Mortalität der am Unterlaufe angesiedelten Bevölkerung usw. veranlaßt. Leider kann ich ihre mir bekannten Ergebnisse hier nicht verwerten, da sie noch nicht veröffentlicht sind.

Hygieniker[1]) vertreten, da Wasser aus offenen Gerinnen in bewohnter Gegend unter allen Umständen als nicht tauglich zu Trinkzwecken und zum Hausgebrauch anzusehen ist.

Die Verhältnisse liegen bei der Isar insofern sehr günstig, als sie von der Mündung des Hauptauslasses auf eine große Strecke durch unbewohntes Gebiet fließt; in nächster Nähe des Flusses sind keine Niederlassungen, die Ortschaften beiderseits mindestens 1 km vom Flusse entfernt; auch Freising liegt abseits von der Isar, erst Moosburg, 47 km vom Hauptauslasse, ist der erste größere Ort am Flusse. Eine Schiffahrt kann auf der Isar wegen des starken Gefälles nicht stattfinden, von München abwärts fahren nur wenige Holzflöße. Gebadet wird in der Isar selbst sehr selten, meist in den Altwässern, öffentliche Schwimmanstalten bestehen nur in Landshut und Dingolfing. Wäsche wird in der Isar nur in weit abwärts gelegenen Orten, in Landshut und einigen Orten des Bezirksamtes Deggendorf (Plattling u. a.) gewaschen. Zur Eisgewinnung werden in einigen Orten des Bezirksamtes Dingolfing die Altwässer der Isar verwendet. Größere Industrien, welche das Wasser in solcher Weise gebrauchten, daß daraus ein Schaden für die Arbeiterschaft entstehen könnte (z. B. Färbereien) existieren an der Isar nicht, nur als Triebkraft findet sie Anwendung im städtischen Elektrizitätswerk zu Moosburg und in einigen Mühlenbetrieben in der Gegend von Landau und Dingolfing.

Infolge dieser Verhältnisse ist die Gefährdung der Bevölkerung im Unterlaufe der Isar durch Infektionskeime in ihr sehr gering. Tatsächlich ist auch bisher kein einziger sicherer Fall einer auf Isarwasser zurückzuführenden Infektionskrankheit unter der im Unterlaufe des Flusses angesiedelten Bevölkerung bekannt worden.

Von sonstigen möglichen Folgen der Flußverunreinigung fürchtet man am meisten die Fäulnis im fließenden Wasser selbst, die Schlammablagerung und die Schlammfäulnis.

---

1) cf. Gärtner, Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. 35, 16. Schmidtmann, Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen 35, 336. Dunbar, Abwasserreinigung S. 354; Kruse, Zentralbl. f. allgem. Gesundheitspfl. 18, 48 u. a.

Was erstere betrifft, so kann man bestimmt sagen, daß sie bei der Isar auf absehbare Zeit nicht zu fürchten ist. Trotz der außergewöhnlich niederen Wasserführung zur Zeit der großen Hitze und Trockenheit im Hochsommer 1911 war das Isarwasser weder faul noch fäulnisfähig geworden, wie die Untersuchung im Laboratorium erwiesen hat; auch konnte gelegentlich von Besichtigungen zu derselben Zeit an keiner der besichtigten Stellen der Isar unterhalb München ein Geruch nach Fäulnisgasen bemerkt werden. Immerhin kann, bei der Geringfügigkeit der Selbstreinigung, nicht bezweifelt werden, daß bei Fortdauer der Einleitung der ungereinigten Kanalwässer im Laufe der Zeit, wenn die Einwohnerzahl Münchens auf 1 Million und höher gestiegen sein wird, bei niederen Wasserständen in der warmen Jahreszeit eigentliche Wasserfäulnis eintreten kann.

Nicht so gleichgültig wie gegenwärtig die Verunreinigung der Isar mit gelösten, ist die mit den suspendierten Stoffen des Kanalwassers. Vorläufig kommt in dieser Beziehung mehr das Unästhetische der Verunreinigung in Betracht.

Bis weit unter Freising ist die Verschmutzung der Isar an der Trübung und Verfärbung kenntlich. Man sieht Papierfetzen, Korkstücke, Reste von Fruchtschalen, Gemüsestückchen usw., bei genauerem Zusehen auch Kotbröckchen, schwimmen, und noch in Landshut machten sich, besonders 1911, die suspendierten Teile, wie kleine Papierfetzen, organischer Detritus, Sphärotilusflöckchen stark bemerkbar, indem sie die Durchsichtigkeit des Wassers im Flusse beeinträchtigten.

Auch gab es auf der Strecke bis Freising, so besonders im trockenen Sommer 1911, bei niederen Wasserständen stellenweise wechselnd Schlammablagerungen von verschiedener Größe, besonders an Verlandungen, Uferböschungen. In der Nachbarschaft des Hauptauslasses waren im September 1911 mehrere ziemlich dichte Ablagerungen schwarzen Schlammes vorhanden, doch war gelegentlich von Besichtigungen zur Zeit des außergewöhnlichen Niederwassers im September 1911 nirgends eigentliche Schlammfäulnis zu konstatieren.

Da, wie schon erwähnt, die Isar unterhalb des Hauptauslasses auf eine weite Strecke durch unbewohntes Gebiet läuft, so wird, selbst wenn es hier auch zeitweise zu mehr oder weniger umfangreicher Schlammfäulnis kommen sollte, doch niemand davon belästigt.

Anderseits kommt es in der Isar, dem wilden Gebirgsflusse mit seinen Hochwässern, überhaupt nicht zur Bildung dauernder größerer Schlammbänke. Durch die alljährlich fast regelmäßig zur Frühjahrs- bzw. Sommerszeit einsetzenden Hochwässer, welche das Flußbett bis auf den Grund durchwühlen und den dort lagernden Kies unter Rollen abschieben, werden der Untergrund und die Ufer von allem Abgelagerten gründlich gesäubert. Bei der ungemein raschen Stromgeschwindigkeit eines solchen Hochwassers, von dessen Gewalt sich jeder einen Begriff machen kann, der die Isar dabei von einer der Brücken Münchens aus betrachtet, werden die mitfortgerissenen Schlammstoffe bis zur Donau getragen; ein Teil derselben setzt sich, da die Donau langsamer fließt, vor der Einmündungsstelle ab, doch darf man diese zeitweilig nach Hochwässern hier sichtbaren Ablagerungen nicht ohne weiteres als Schlamm bezeichnen, sie bestehen der Hauptsache nach aus Schlick.

Dadurch, daß die Isar selbsttätig alles Abgelagerte periodisch wegspült, stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein, so daß im Laufe der Jahre keine Summierung der durch Ablagerungen im Unterlaufe der Isar bedingten Verhältnisse eingetreten ist.

Es ist überhaupt sehr bemerkenswert, daß sich trotz des ständigen Wachstums der Stadt die Zusammensetzung des Isarwassers unterhalb München im Laufe der Jahre verhältnismäßig wenig geändert hat.

Wenn man die bei gleichen Wasserständen zu Anfang des Jahrhunderts und in den letzten Jahren erhobenen Befunde vergleicht (cf. Tabelle VI u. VII), so ergeben sich bezüglich der Zusammensetzung des Isarwassers im allgemeinen nur geringe Unterschiede; nur im Chlorgehalt und in der Oxydierbarkeit, weniger in der Keimzahl ist im Laufe der Jahre ein geringes Ansteigen zu erkennen. Ähnliches ergibt sich aus Tabelle VIII,

(Fortsetzung des Textes S. 198.)

Tabelle VI. Werte bei gleichen Pegelständen in verschiedenen Jahren für das bei Freising geschöpfte Wasser.

Pegelstände in m	Jahr	Monat	Abdampfrückstand mg im l	Suspend. Stoffe mg im l	Cl mg im l	N_2O_5 mg im l	Oxydierbarkeit mg $KMnO_4$ pro l	Keimzahl pro 1 ccm
0,57	1905	Oktober	232	14,4	2,8	2,53	10,8	24500
0,55	1911	Dezember	247	18,0	4,0	3,9	11,4	9400
0,70	1901	Februar	266	10,0	2,6	—	6,5	4020
0,70	1908	Februar	238	14,3	3,9	2,95	8,8	6000
0,69	1910	Januar	245	11,2	5,4	2,68	12,8	15360
0,77	1907	Januar	270,8	21,9	3,0	2,17	8,6	20000
0,76	1910	Februar	245,6	28,8	6,8	2,74	17,6	12800
0,75	1911	November	233	32,0	4,0	3,7	12,8	14000
0,90	1900	März	232,8	17,5	2,6	3,34	10,9	6960
0,90	1905	Januar	270,4	5,5	2,9	3,9	11,2	5360
0,88	1911	April	249,2	33,4	5,0	3,12	13,2	7500
1,00	1900	Dezember	252	18,0	2,3	3,58	6,4	13550
1,00	1904	Januar	256,8	8,2	2,4	3,6	8,52	14820
1,00	1912	Mai	225	19,0	4,0	2,1	12,8	9400
1,10	1900	Februar	244	14,0	2,8	—	6,8	759
1,10	1912	März	250,4	15,6	4,0	2,91	12,8	10200
1,20	1903	Oktober	228	24,8	3,2	3,02	8,2	13830
1,20	1910	August	218	48,0	5,0	2,7	11,2	14350

Tabelle VII. Veränderung des Isarwassers 1900—1912.

	1900/04		1905/08		1909/12	
	NW	HW	NW	HW	NW	HW
			Oxydierbarkeit.			
Thalkirchen . .	6,1	8,4	6,05	9,5	7,2	12,9
Freising	8,65	9,55	10,8	11,85	12,8	18,6
Differenz . .	+ 2,55 = 42%	+ 1,15 = 17,7%	+ 4,75 = 78,5%	+ 2,35 = 25%	+ 5,6 = 78%	+ 5,7 = 44%
			Chlor.			
Thalkirchen . .	0,8		1,4		1,7	
Freising	2,8		3,7		4,65	
Differenz . .	+ 2,0 = 250%		+ 2,3 = 164%		+ 2,95 = 173%	

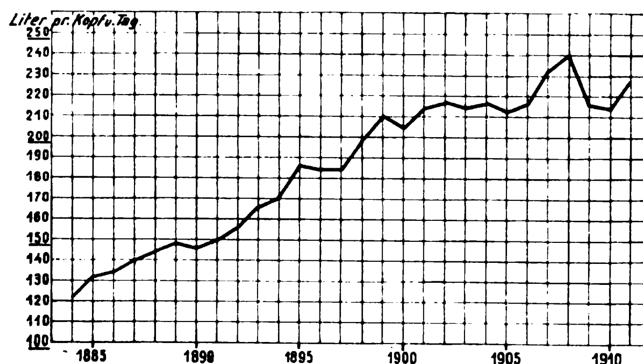
Tabelle VIII. Isaruntersuchungen oberhalb München, bei Freising und bei Landshut. Jahresmittelwerte 1895—1912.

Jahr	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912
An den Untersuchungstagen bei Freising beobachtete mittlere Pegelstände der Isar:																		
	—	1,05	1,24	1,10	1,08	1,06	1,03	1,28	1,45	1,58	1,50	1,00	1,03	0,77	0,90	1,16	0,96	1,20
Suspendierte Stoffe in mg pro Liter bei 105° C getrocknet:																		
Oberhalb München	54	43	37	15	16	33	14	79	63	35	64	39	48	22	12	34	9	27
Freising	63	60	60	30	51	45	35	83	67	47	61	53	55	29	22	60	28	52
Landshut	56	68	54	28	31	53	23	37	75	26	60	49	48	28	29	61	23	55
Abdampfrückstand in mg pro Liter bei 105° C getrocknet:																		
Oberhalb München	204	202	210	217	206	221	226	213	209	208	210	214	218	210	215	207	220	206
Freising	218	215	229	236	231	235	236	233	225	223	228	232	240	228	232	226	243	225
Landshut	233	222	232	246	253	234	246	241	239	232	240	243	249	241	239	235	252	237
Chlor in mg pro Liter:																		
Oberhalb München	1,9	1,4	1,3	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,4	1,1	1,5	2,4	1,2	1,2	1,1
Freising	1,9	1,6	2,6	2,2	2,4	2,2	2,8	2,3	2,5	2,8	2,6	3,0	3,0	3,8	5,0	5,0	4,7	3,6
Landshut	1,8	1,9	1,8	1,9	1,7	1,7	2,0	1,9	2,0	1,7	1,5	1,9	2,9	2,8	2,9	1,9	2,9	2,6
Salpetersäure in mg pro Liter:																		
Oberhalb München	1,4	0,7	0,9	1,2	1,4	1,3	2,6	1,6	1,8	1,3	1,4	0,9	1,3	1,4	1,6	1,3	1,3	1,0
Freising	2,9	1,4	1,9	2,7	2,7	3,4	4,7	2,5	3,3	2,5	2,6	2,4	2,6	2,5	3,0	2,4	3,0	1,9
Landshut	3,2	3,5	4,0	3,5	3,1	3,5	3,5	2,7	3,0	2,8	3,0	3,5	3,3	3,5	3,0	2,6	3,3	3,0
Kaliumpermanganatverbrauch in mg pro Liter:																		
Oberhalb München	7,7	5,6	8,2	7,2	6,0	5,4	7,5	7,2	7,0	5,8	6,8	7,4	7,2	6,0	10,7	8,9	8,6	12,2
Freising	7,6	6,5	8,8	9,3	8,6	7,6	10,6	9,4	9,6	8,6	10,3	12,1	11,1	9,6	17,4	14,4	14,3	19,0
Landshut	7,1	7,6	7,7	6,2	5,8	7,3	6,3	7,2	7,1	6,6	7,1	7,4	7,0	6,5	6,6	6,6	6,8	7,0
Bakterien in 1 ccm:																		
Oberhalb München	1780	840	1340	620	810	2630	1760	1730	800	1440	1020	1500	1750	1220	1190	2680	920	890
Freising	8560	7840	9520	16340	14640	8980	9880	11510	11670	19200	18670	7470	13830	10970	13590	14800	11640	11970
Landshut	6640	4400	4490	4360	3000	5200	2150	4680	3880	3500	5000	4850	6410	5630	4190	5280	6960	3830

in welcher die mittleren Pegelstände und die Jahresmittelwerte (aus den Monatsuntersuchungen) für suspendierte Stoffe, Abdampfrückstände, Chlor, Salpetersäure und Keimzahlen für die Jahre 1900 bis 1911 eingetragen sind.

Einen sehr wesentlichen Anteil an diesem auffallend günstigen Verhältnis hat die Wasserversorgung Münchens, durch welche der Isar gewaltige Wassermassen aus dem Mangfalltale in von Jahr zu Jahr steigenden Mengen zugeführt werden, wie sich aus dem Anwachsen des durchschnittlichen Wasserverbrauches der Bevölkerung ergibt, wie das folgende Diagramm[1]) zeigt; diese Mengen sind selbst für die Isar, namentlich bei Niederwasser, nicht ganz unerheblich (1,5 cbm/Sek.: 35 cbm/Sek. = 4,3%).

Durchschnittlicher Wasserverbrauch pro Kopf und Tag in Litern.



Außerdem trägt dazu die schon eingangs erwähnte, von Jahr zu Jahr vermehrte Kanalspülung mit Grund-, Fluß- und Quellwasser bei, welche mit bewirkt, daß die Kanalwässer schon sehr verdünnt in die Isar gelangen.

Schlußbetrachtung.

Es ist hier nicht die Stelle, zu erörtern, ob und in welcher Weise die Stadt München ihre Kanalwässer reinigen soll. Es mag aber darauf hingewiesen werden, daß schon in dem ursprünglichen, hauptsächlich durch das Eintreten Pettenkofers zur An-

1) Festschrift zur 53. Versammlung des Vereins deutscher Gas- und Wasserfachmänner, München 1912.

nahme gelangten Projekt der Schwemmkanalisation Einrichtungen zum Abfangen der schwimmenden und gröberen suspendierten Stoffe vorgesehen bzw. schon detaillierte Pläne dazu vorhanden waren; daß aber die Ausführung dieser Abfangvorrichtung hinausgeschoben wurde, solange sich keine Mißstände zeigen sollten.

Nun, erhebliche gesundheitliche und wirtschaftliche Nachteile sind bisher infolge der Einleitung der ungereinigten Münchener Kanalwässer in die Isar kaum eingetreten, Schadenersatzansprüche existieren insofern nicht, als die Isarfischer für ihren wirklichen oder angeblichen Schaden reichlich entschädigt wurden dadurch, daß die Stadtgemeinde München sämtliche Fischereirechte bis zur niederbayerischen Kreisgrenze angekauft hat.

Trotzdem ist es unbedingt nötig, zunächst *wenigstens an die Beseitigung der Schwebestoffe* zu gehen und dieselben möglichst weitgehend von der Isar fernzuhalten, denn mit den Schwebestoffen verschwinden die in optischer und ästhetischer Hinsicht am meisten störenden Bestandteile.

Ehe man an eine weitergehende Reinigung der Kanalwässer geht — als solche kommt später m. E. bei dem Vorhandensein ausgedehnter, landwirtschaftlich nicht verwerteter Flächen mit günstigen Boden- und Niveauverhältnissen nur die Behandlung auf Land in Frage —, wäre erst der Erfolg dieser Maßregel abzuwarten.

Es ist nicht berechtigt, da eine weitgehende und kostspielige Reinigung zu verlangen, wo der nach den Vorflutverhältnissen erforderliche Reinheitsgrad mit einem einfacheren Verfahren erreicht werden kann[1]).

Da heutzutage so viele Forderungen in der öffentlichen Gesundheitspflege zu erfüllen und die dafür zu Gebote stehenden Mittel nicht unbegrenzt sind, so muß man sich gerade vom Standpunkt des Hygienikers aus hüten, in einer Sache zu weitgehende Anforderungen zu stellen, da die dafür aufzuwendenden Mittel dann für nützlichere Zwecke fehlen würden.

---

1) cf. *Schmidtmann*, Vierteljahrsschr. f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätswesen (1908) 35, 336.



Fig. 1.



Fig. 2.



Druck und Verlag von R. Oldenbourg in München und Berlin.

Über Schwefelwasserstoffbildung aus Zystin durch Bakterien.

Von

Max Bürger,
Assistent des Instituts.

(Aus dem Institut für Hygiene und Bakteriologie an der Universität Straßburg. Direktor: Geheimrat Uhlenhuth.)

(Bei der Redaktion eingegangen am 17. März 1914.)

Die Untersuchungen von Petri und Maaßen, Rubner u. a. lehrten, daß das Vermögen, Schwefelwasserstoff aus Eiweiß zu bilden, unter den Bakterien weit verbreitet ist. Soweit wir bisher wissen, kommt unter den Spaltprodukten der Eiweißkörper als schwefelhaltig nur das Zystin in Frage, und es ist daher für alle die Bakterien für die H_2S-Bildung aus eiweißhaltigen Nährböden nachgewiesen, das Vermögen der Zystinspaltung anzunehmen. Wohlgemuth[1]) ist es gelungen, auf einem der Darmfäulnis analogen Wege aus Zystin die bisher bekannten gasförmigen schwefelhaltigen Stoffwechselprodukte, den Schwefelwasserstoff, das Methylmerkaptan und das Äthylsulfid zu erhalten.

Es soll im folgenden über Untersuchungen der Schwefelwasserstoffbildung aus Zystin durch Bakterienreinkulturen berichtet werden. Es war naheliegend, das nach den Untersuchungen von Friedmann[2]) und v. Bergmann aus dem Zystin entstehende Taurin zum Vergleiche heranzuziehen. Um eine kräftige

1) Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. 43, S. 469.
2) Hofmeisters Beiträge 3.

Fermentproduktion zu erzielen, wurde zunächst davon abgesehen, mit ganz eiweißfreien Nährböden zu arbeiten. In der ersten Versuchsserie wurde folgendermaßen vorgegangen:

Nährbodenbereitung.

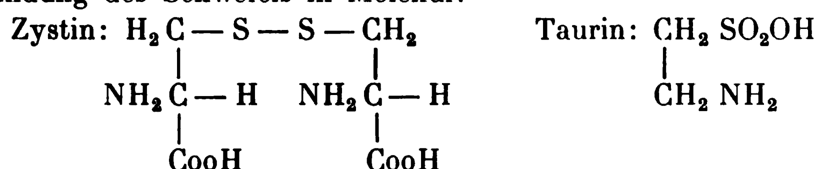
Für die Verwendung von festen Nährböden war die überall wiederholte Angabe von Petri und Maaßen[1]) mit bestimmend, daß die Bakterien aus flüssigem Blutserum mit Ausnahme des Diphtheriebazillus kein H_2S bilden.

Die Angabe beruht auf Prüfungsergebnissen mit Hilfe des Bleipapiers. Das gebildete H_2S wird offenbar in der dichten Eiweißlösung absorbiert und dem Nachweis entzogen. Versetzt man flüssiges Hammelserum im Verhältnis 1:1000 mit Bleiazetat und beimpft es mit H_2S bildenden Bakterien, so kann man immer nach einiger Zeit ein braunes bis schwarzes Sediment von PbS in den Röhrchen beobachten (nachgewiesen für verschiedene Vibrionen Bacterium Coli Typhi, Staphylococcus aureus).

Um einen prompten Nachweis des gebildeten H_2S zu ermöglichen, wurden Agarplatten gegossen, denen ein Bleisalz beigemischt war; auf 1000 Nährboden kamen 30 g Agar, 1 g Bleiazetat, 4 g Fleischextrakt und 1 g Zystin, gelöst in Na_2CO_3. Das Zystin wurde zur Vermeidung einer vorzeitigen Schwefelabspaltung gesondert in phys. NaCl suspendiert sterilisiert, dann in 3% Na_2CO_3 hineingegeben und dem Agar vor dem Erstarren bei etwa 56° zugemischt. Die Vergleichsnährböden wurden ebenso hergestellt, nur statt Zystin je 1 g Taurin bzw. taurocholsaures Natrium hinzugefügt. Schließlich wurde stets eine Platte gegossen, die außer Agar und Fleischextrakt nur 1 g Bleiazetat enthielt, um eine Kontrolle zu haben, daß nicht aus den geringen Mengen im Nährboden enthaltenen Eiweißen Schwefelwasserstoff in störenden Mengen gebildet würde. Die so hergestellten Platten wurden mit verschiedenen Bakterien beimpft, die Resultate nach 12, 24, 48 Stunden abgelesen. Bakterien, die das Zystin spalten, wachsen in glänzenden, schwarzen Kolonien. Die Resultate sind in Tabelle I zusammengestellt. Man erkennt, daß die Bildung des H_2S im all-

1) Arbeiten aus dem Gesundheitsamt 8, 338 und 490.

gemeinen der Wachstumsintensität parallel geht. In manchen Fällen waren (besonders bei den Vibrionen) schon nach 8 Stunden deutliche Mengen von Schwefelblei gebildet. Nicht aufgeführt sind Bakterien des malignen Ödems und Rauschbrand, die unter anaeroben Bedingungen aus Zystinbouillon kräftig H_2S entwickelten. Es zeigte sich ferner: Während das Zystin in allen Fällen Schwefelbleibildung zur Folge hatte, wurde aus Taurin bzw. taurocholsaurem Natrium, trotz zum Teil kräftigen Wachstums, in keinem einzigen Falle H_2S gebildet. Die Ursache liegt in der verschiedenen Bindung des Schwefels in Molekül:



Da der verwendete Nährboden immer noch Spuren Eiweiß enthielt, die als H_2S-Quelle neben dem Zystin in Frage kommen konnten, wurden die Versuche mit vollkommen eiweiß- und schwefelfreien Nährflüssigkeiten fortgesetzt. Benutzt wurde die von Uschinsky und Fränkel angegebene Nährlösung, der 1‰ Zystin in Na_2CO_3 zugesetzt wurde. Es zeigte sich auch unter diesen Verhältnissen (also auf vollkommen sulfatfreien Nährböden) intensive H_2S-Entwicklung, die um so stärker war, je kräftiger das Wachstum. Geprüft wurden die in Tabelle II zusammengestellten Arten. Da man daran denken konnte, daß unter ungünstigen Ernährungsverhältnissen, wie sie eiweißfreie Nährlösungen zweifellos für viele Arten darstellen, bei der Aufspaltung des Taurins H_2S aus diesen Körpern frei würde, wurde dem gleichen Nährboden 1‰ Taurin zugesetzt. H_2S-Bildung zeigte sich in keinem Fall.

Gegen diese Versuche kann der Einwand gemacht werden, daß der Nachweis des Schwefelwasserstoffes insofern nicht strenge geführt ist, als noch andere schwefelhaltige Gase in Frage kommen, die die Schwefelbleireaktion hätten bedingen können. M. Rubner[1]) weist darauf hin, daß bei Entwicklung von Methylmerkaptan

(Fortsetzung des Textes S. 206.)

1) Rubner, Arch. für Hygiene, Bd. 19, S. 191.

Tabelle I.

Bakterienart	Nährbodenzusätze:	Zystin			Taurin			Taurocholsaur. Natrium			Pepton-Agar ohne Zusatz			Peptonfreier Agar		
	Zeit nach Aussaat:	12 Std.	24 Std.	48 Std.	12 Std.	24 Std.	48 Std.	12 Std.	24 Std.	48 Std.	12 Std.	24 Std.	48 Std.	12 Std.	24 Std.	48 Std.
Bac. Prodigiosus	Wachstum . . .	+ [2]	++	++	+	++	++	+	++	++	+	++	++	+	++	++
	PbS-Bildung . .	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bac. diphtheriae	Wachstum . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++
	PbS-Bildung . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B. pseudo-diphtheriae	Wachstum . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
	PbS-Bildung . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saccharomyces cerevisiae	Wachstum . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	0	+	+
	PbS-Bildung . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bac. diphtheriae auf Hammelserum!	Wachstum . . .	+	++	++	—	—	—	—	—	—	Hammelserum +	++	++	—	—	—
	PbS-Bildung . .	+	++	+++	—	—	—	—	—	—	?	?	+	—	—	—

Tabelle Ia.

														ohne Zusatz		
Staphylococcus citreus [1]	Wachstum . . .	++	++	+++	++	++	++	+	+	+	+++	+++	+++	++	++	++
	PbS-Bildung . .	+ ?	++	+++	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micrococcus roseus	Wachstum . . .	0 ?	+ ?	+ ?	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+/++	+/++	+/++
	PbS-Bildung . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micrococcus candicans	Wachstum . . .	+	+	+	0	0	0	0	0	0	+++	+++	+++	+	+	+
	PbS-Bildung . .	+	++	++	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micrococcus tetragenus	Wachstum . . .	+	+	+	0	0	0	0	0	0	+++	+++	+++	+	+	+
	PbS-Bildung . .	+	++	++	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarcina aurantiaca	Wachstum . . .	+	+	+	+	+	++	+	++	++	++	+++	+++	++	++	++
	PbS-Bildung . .	+	—	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[1]) Anm. b. d. **Korr.:** In einer den gleichen Gegenstand betreffenden Arbeit fanden T. Sasaki u. J. Ossuka (Bioch. 2, Bd. 39, S. 208) für den Staphylococcus keine H_2S-Bildung aus Zystin; es liegt hier sicher eine Zufälligkeit (schlechtes Wachstum ?) und keine prinzipielle Abweichung vor.

Tabelle Ib.

Bakterienart	Nährbodenzusätze:	Zystin			Taurin			Taurocholsaures Natrium			Peptonfreier Agar		
	Zeit nach Aussaat:	12 Std.	24 Std.	48 Std.	12 Std.	24 Std.	48 Std.	12 Std.	24 Std.	48 Std.	12 Std.	24 Std.	48 Std.
Bac. proteus mir.	Wachstum . . .	++[1]	+++	+++	++	++	++	+	+/++	++	++	++	++
	PbS-Bildung . .	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bac. coli	Wachstum . . .	+++	+++	+++	++	++	++	+++	+++	+++	++	++	++
	PbS-Bildung . .	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	0	0	0	0 ?
Bäc. typhi	Wachstum . . .	++	+++	+++	+	+	+	+	+	+	++	++	++
	PbS-Bildung . .	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bac. paratyph. B	Wachstum . . .	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	+/++	+/++	+/++
	PbS-Bildung . .	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bac. enteridis Gärtner	Wachstum . . .	+++	+++	+++	+	++	++	++	++	+++	+	++	+++
	PbS-Bildung . .	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bac. Dysenteriae Kruse	Wachstum . . .	++	+++	+++	++	++	++	+++	+++	+++	++	++	++
	PbS-Bildung . .	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle Ic.

Leuchtender Wasservibrio	Wachstum . . .	++	++	++	+	+	+	+	++	++	+	+	+
	PbS-Bildung . .	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	Sp.	0	0	0
Nichtleuchtender Wasservibrio (956)	Wachstum . . .	++	++	++	+	+	+	+	++	++	+	+	+
	PbS-Bildung . .	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	+	0	0	0
Vibrio Metschnikoff	Wachstum . . .	+++	+++	+++	+	++	++	++	++	++	++	++	++
	PbS-Bildung . .	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vibrio El Tor	Wachstum . . .	+++	+++	+++	++	++	++	+	++	++	++	++	++
	PbS-Bildung . .	+++	+++	+++	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vibrio Cholerae	Wachstum . . .	++	+++	+++	++	++	++	++	++	+++	+	+	+
	PbS-Bildung . .	+	+++	+++	0	0	0	0	0	0 ?	0	0	0
Vibrio Elmers	Wachstum . . .	+	++	++	+	+	+	++	++	+++	+	+	+
	PbS-Bildung . .	+	++	++	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[1]) **In der Rubrik Wachstum bedeutet + schlecht; ++ gut; +++ üppig.**
In der Rubrik PbS-Bildung bedeutet + Kolonie braunschwarz; ++ Kolonie tiefschwarz; +++ Kolonie und Umgebung tiefschwarz.

sich der Bleipapierstreifen zwar anfänglich hellgelb, später aber deutlich braun färbt und deshalb diese Methode eine sichere Entscheidung, ob H_2S oder CH_3SH entwickelt wurde, nicht zuläßt. Schon eingangs wurden die Versuche von Wohlgemuth erwähnt, bei denen er neben Schwefelwasserstoff auch Merkaptan und Äthylsulfid bei der Zystingärung erhielt. Er arbeitete mit faulendem Fleisch, dem er Zystin zusetzte. Das sind schwer übersehbare Verhältnisse und wenig dazu geeignet, die Frage zu entscheiden, ob aus Zystin durch Bakterieneinwirkung wirklich Merkaptan entstehen kann.

Abgesehen davon, daß es noch nicht sicher ist, ob das Zystin wirklich das einzige schwefelhaltige Spaltprodukt der Eiweißkörper ist, ist Rubners Hinweis auf die Möglichkeit einer synthetischen Entstehung des Methylmerkaptans unter den entsprechenden Verhältnissen zu beachten.

Es war daher von Interesse, die Einwirkung von Reinkulturen auf Zystin in eiweißfreien Nährlösungen in bezug auf die Merkaptanbildung zu studieren. Es wurden Reagenzröhrchen mit je 10 ccm Fränkelscher Nährlösung, enthaltend je 0,010 Zystin, beschickt und mit einem einfach durchbohrten Gummistopfen, mit dem zugleich ein Streifen Bleipapier eingeklemmt wurde, geschlossen. Durch den Gummistopfen ragt ein Glasrohr in die Eprouvette. In dem nach oben sich erweiternden Glasrohr befinden sich mit Isatinschwefelsäure benetzte Glasperlen (cf. Tabelle II). Nirgends zeigte sich eine Merkaptanbildung verratende Grünfärbung der Isatinschwefelsäure, auch bei den beiden Proteusstämmen nicht. Morris[1]), der die Merkaptanbildung aus Eiweißlösungen durch Bakterienreinkulturen studierte, fand nur beim Bacillus Proteus Merkaptan. Auch für seine Befunde gelten die eben gemachten Einwände, ebenso wie für die von M. Nencki und N. Sieber[2]) bei Bac. liquefaciens und Emphysembakterien, von M. Rubner[3]) bei proteus vulgaris und Bac. oogenes hydrosulfureus gefundenen Merkaptanmengen. Es ist daher noch zweifelhaft, ob eine direkte

1) Arch. für Hygiene 30.
2) Monatsh. f. Chemie, Bd. X, 526.
3) Rubner, Arch. für Hygiene 19, 184.

Tabelle II. Eiweißfreie Nährlösung.

Bakterienart	Nährbodenzusatz: / Zeit nach Aussaat:	Zystin 12 Std.	Zystin 100 Std.	Taurin 12 Std.	Taurin 100 Std.
Vibrio Dunbar	Wachstum	++	+++		
	Bildung von H_2S . .	++	+++		
	Bildung von CH_2SH	0	0		
Vibrio Elwers	Wachstum	++	+++	+	++
	Bildung von H_2S . .	++	+++	0	0
	Bildung von CH_3SH	0	0		
Bac. proteus	Wachstum	+++	+++	++	++
	Bildung von H_2S . .	+++	+++	0	0
	Bildung von CH_3SH	0	0		
Bac. coli	Wachstum	++	+++	·	++
	Bildung von H_2S . .	++	+++	0	0
	Bildung von CH_3SH	0	0		
Bac. faecalis	Wachstum	++	+++	+	+
	Bildung von H_2S . .	++	++	0	0
	Bildung von CH_3SH	0	0		
Bac. anthrax	Wachstum	+	++	+	+
	Bildung von H_2S . .	+	+	0	0
	Bildung von CH_3SH	0	0		
Bac. paratyphi B	Wachstum	+	++	++	++
	Bildung von H_2S . .	+	+	0	0
	Bildung von CH_3SH	0	0		
Bac. mesentericus	Wachstum	0	n. 4 Wochen +		
	Bildung von H_3S . .	0	Spuren		

Außer den hier angeführten wurden noch verschiedene Vibrionen, Bazillen der Typhus-Koligruppe in bezug auf H_2S-Bildung aus Zystin untersucht, stets mit positivem Erfolg. Einwandfrei negativ blieben die allerdings schlecht wachsenden Pilze mucor corymb., oidium lactis, penicillium, saccharomyces cerevis. (letzte Kontrolle 38 Tage nach der Impfung).

Abspaltung einer S-CH_2-Gruppe aus dem Zystin durch die untersuchten Bakterien statt hat.

Da nach den Angaben von Maaßen mit Azetondauerpräparaten von Proteus mirabillis und Vib. Phosphorescens H_2S aus Peptonlösungen entwickelt wird, wurde versucht, H_2S abspaltende Fermente von den Bakterien getrennt wirken zu lassen. Die Versuche wurden mit Vibr. Elwers angestellt. Von 48 stündigen, auf eiweißfreiem Nährboden kräftig gewachsenen Kulturen werden

sterile Berkefeldfiltrate hergestellt. Auf je 10 ccm Filtrat 1 bis 5 ccm 1°/₀₀ Zystinlösung gegeben. Bei Temperaturen von 37° konnte weder mit Bleipapier noch durch den Geruch H_2S-Entwicklung nachgewiesen werden. Die Versuche mit Proteus-Kulturfiltraten verliefen gleichfalls negativ. Da Fermentabsorption durch Porzellanfilter beobachtet ist, wurde versucht, durch Zentrifugieren sterile Kulturflüssigkeiten von Vibrionen zu erhalten. Das gelang mit den zur Verfügung stehenden Apparaten nicht. Nie war, wenn sich nach Tagen H_2S-Bildung zeigte, die zystinhaltige Kulturflüssigkeit steril.

Es wurde auch versucht, aus Hefe nach den Vorschriften von de Ray-Pailhade das „Philothion" zu gewinnen und damit eine Zystinspaltung zu erreichen, eine nachweisbare H_2S-Entwicklung aus Zystin fand nicht statt. Auch mit sterilem aktivem Blutserum konnte Schwefel aus Zystin nicht frei gemacht werden. Alle diese Versuche fallen mit gepulvertem Schwefel positiv aus, d. h. wenn man gepulverten Schwefel mit Preßsäften von Bakterien mit den Geweben von höheren Pflanzen und Tieren vermischt oder auch nur mit den Gewebesäften in Berührung bringt, wird H_2S entwickelt.

Das Wirksamwerden der Zystin spaltenden Fermente scheint an das Leben der Bakterien gebunden zu sein. Jedenfalls wurden durch sechs vierundzwanzigstündige Kulturen von Vibrio Elwers, die durch einstündiges Erhitzen auf 50° abgetötet waren, nur sehr geringe Mengen H_2S abgespalten; diese geringen Mengen, die trotzdem gebildet waren, können dem Umstand zugeschrieben werden, daß bei dem eingeschlagenen Verfahren einige Keime der vollkommenen Abtötung entgingen und nur ihre Weiterentwicklung gehemmt war. Agarkulturen, die nach Abschluß des Versuchs angelegt wurden, blieben steril.

Aus der Betrachtung der Plattenversuche ergab sich, daß auch bei gleichmäßig kräftigem Wachstum die Menge des gebildeten Schwefelbleis sehr wechselte. Es wurde daher versucht, über die Mengenverhältnisse des gebildeten H_2S durch Titration mit $^1/_{10}$ Normaljodlösung Aufschluß zu erhalten.

Versuch 1.

Eine Agarkultur von Vibrio Elwers wird in 140 ccm Fränkel-Uschinskischer Nährlösung, enthaltend 0,050 Zystin, gelöst in Na_2CO_3 suspendiert. Durch die Kultur wird ein schwacher, durch eine hohe Watteschicht filtrierter Luftstrom gesogen, der sodann durch eine $^1/_{10}$ normale Jodlösung streicht. Die Kultur wird in ein Wasserbad von 37° versenkt.

Dauer des Versuchs 14 Stunden.
Vorlage 20,0 $^1/_{10}$ Jodlösung.
Zurücktitriert 15,9.
Gebildeter H_2S: 6,97 mg H_2S.

Versuch 2.

Anordnung wie vorher.
Protensagarkultur. Temperatur des Wasserbades 37 bis 40°.
Vorlage 20,0 $^1/_{10}$ Jodlösung.
Zurücktitriert 17,8.
Verbraucht 2,7.
Gebildeter H_2S 3,74 mg.

Da die Temperatur des Wasserbades die unerwünschte Höhe von 40° am Schluß des Versuchs erreicht hatte und bei dieser Temperatur eine Schädigung der vitalen Funktionen der Bazillen zu fürchten war, wurde der Versuch wiederholt bei einer Temperatur von 35°.

Versuch 2a.

Dauer: 15 Stunden.
Vorlage: 20,0 $^1/_{10}$ Normaljodlösung.
Zurücktitriert: 15,5.
Verbraucht: 4,5 $^1/_{10}$ Normaljodlösung.
Gebildeter H_2S: 7,65 mg.

Es ist also in Versuch 2 a doppelt so viel H_2S gebildet worden, wie im Versuch, der abgesehen von der höheren Temperatur im übrigen ganz gleich angestellt wurde.

Es ergibt sich aus diesen Versuchen (1 und 2 a), daß unter den gewählten Bedingungen das zugesetzte Zystin ca. 50% seines Schwefels abgegeben hat.

Die Berücksichtigung des außerordentlich weit verbreiteten Vermögens der Zystinspaltung durch Bakterien ist notwendig für die Beurteilung von Stoffwechselversuchen an Zystinurikern. Vorstehende Untersuchungen wurden angeregt durch die Beobachtung

eines Falles schwerster Zystinurie[1]). Bei der Verarbeitung des Harns auf Zystin wurde oft intensiver Geruch nach H_2S bemerkt. Die Konkrementbildung im Nierenbecken hatte zu einer Pyelonephritis mit starker Bakteriurie geführt (atypischer Koli), die die Zystinspaltung zur Folge hatte. Daher konnten exakte Werte für Zystin bzw. Neutralschwefel nicht erhalten werden.

Bei Verfütterung von Zystin an solche Kranke kann natürlich im Darm ebenso eine weitgehende bakterielle Zystinspaltung statthaben. Die Behauptung, daß bei bestehender Zystinurie per os verabreichtes Zystin vom Organismus vollständig verbrannt werde[2]), läßt sich schwer beweisen, da die bakteriellen Einflüsse im Darm nicht ausgeschaltet werden können.

Manche Widersprüche der Autoren über die Verwertung per os eingeführten Zystins beim Zystinuriker werden sich durch die Nichtberücksichtigung des sehr variablen bakteriellen Faktors beim Zystinabbau erklären lassen.

Wie weit man die H_2S-Bildung im Darm durch künstliche Bakterienzufuhr steigern kann, zeigte F. Niemann[2]). Er konnte im Kote eines Hundes, dem er zu seiner Fleischnahrung Bact. proteus zusetzte, die H_2S-Menge des Kotes nahezu verdoppeln. (0,2111 g H_2S in 20 Tagen ohne Proteuszusatz gegen 0,4848 g H_2S in 24 Tagen mit Proteuszusatz.)

Die Auffassungen über den Mechanismus der H_2S-Bildung aus Eiweißkörpern durch die Einwirkung von Bakterien gehen auseinander. Mit Rubner kann man eine Theorie der primären und eine Theorie der sekundären H_2S-Bildung unterscheiden. Petri und Maaßen sind der Ansicht, daß das Auftreten von H_2S eine Folge der Einwirkung von naszierendem H auf den organisch gebundenen S darstellt, also eine indirekte sekundäre H_2S-Bildung statthat, während Rubner für eine primäre Abspaltung auf Grund seiner Versuche sich entscheidet.

In eigenen Untersuchungen zeigte sich, daß das Zystin sich gegenüber naszierendem Wasserstoff anders verhält, je nachdem

1) F. Umber u. M. Bürger, Zur Klinik intermediärer Stoffwechselstörungen. Deutsche Med. W. Nr. 48, 1913.

2) F. Niemann, Arch. f. Hyg. 19, 1893.

es sich in saurer oder alkalischer Lösung befindet. In salzsaurer Lösung entwickelt es bei Gegenwart von naszierendem H in kurzer Zeit reichlich H_2S. Läßt man aber Natriumamalgam auf eine alkalische Zystinlösung einwirken, so ist eine Bildung von H_2S (bzw. Na_2S) nicht nachweisbar. Ebensowenig gelang es, durch Einwirkung des elektrischen Stromes auf eine Zystinsuspension in neutralem Medium Bildung von H_2S zu demonstrieren.

Da die H_2S-Entwicklung aus Zystin durch Bakterien in allen untersuchten Fällen in alkalischen Medien vor sich ging, ist es nach den mitgeteilten Befunden unwahrscheinlich, daß die H_2S-Entwicklung eine Folge der Einwirkung des gleichzeitig entstehenden Wasserstoffes darstellt; vielmehr scheint die Bildung von H_2S aus Zystin als eine direkte Leistung des lebenden Bakterienprotoplasmas — also als primäre H_2S-Bildung im Sinne Rubners — aufzufassen zu sein.

Zusammenfassung.

Es werden Untersuchungsergebnisse über Schwefelwasserstoffbildung aus Zystin durch Bakterien mitgeteilt.

1. Alle untersuchten Bakterien bilden H_2S aus Zystin.
2. Aus Taurin wird kein Schwefel abgespalten.
3. Die Menge des gebildeten H_2S geht im wesentlichen der Intensität des Wachstums der Bakterien parallel.
4. Auch in sulfatfreien Nährlösungen geht die Schwefelwasserstoffbildung aus Zystin vor sich.
5. Merkaptanbildung aus zystinhaltigen, eiweißfreien Nährlösungen wurde trotz kräftiger H_2S-Bildung nicht beobachtet.
6. Auf Zystin wirksame, schwefelwasserstoffbildende Fermente ließen sich durch Filtration von Bakterienkulturen nicht gewinnen.

Über die Möglichkeit der Gewinnung von Trinkwasser aus den Dohlen der Talsperren der Wildbachverbauung.

Von

Prof. **A. Lode.**

(Aus dem Hygienischen Institute der K. K. Universität in Innsbruck.)

(Mit 2 Tafeln.)

(Bei der Redaktion eingegangen am 31. März 1914.)

Wer die Alpen flüchtig durchwandert und Sturzbäche und Wasserfälle allenthalben von den Bergen herabkommen sieht, macht sich kaum eine Vorstellung, welch große Schwierigkeiten in manchen Gebieten zu überwinden sind, um der Bevölkerung ein hygienisch einwandfreies Wasser in genügender Menge zu beschaffen. Es fehlen auf weite Entfernungen hin brauchbare Quellen, und auch die im ebenen Gelände meist leicht auszuführende Grundwasserversorgung ist mangels eines ausreichenden Grundwasserreservoirs unmöglich.

Daraus erklärt es sich, daß einzelnen Siedelungen, die z. B. aus Rücksichten des Verkehres in wasserarmen Gegenden notwendig sind, Stationsgebäuden, Bahnwächtern das Trinkwasser in Fässern zugeführt werden muß.

Daß ein Mangel an Niederschlägen nicht die Ursache dieser Übelstände sein kann, lehrt die Erfahrung, nach welcher die Regenhöhe im allgemeinen mit der Erhebung über das Meeresniveau zunimmt. Der Grund liegt vielmehr in der Beschaffenheit der Oberflächengestaltung. Die Talsohlen sind zu schmal, die Hänge zu steil für ausgiebigere Sedimentablagerungen, die für die

Bildung ausreichender Grundwasseransammlungen und damit konstanter Quellen belangreich sind. Zudem dulden die rasch fließenden Wildbäche, zumal zu Hochwasserzeiten, kein ruhendes Geschiebe.

Von den steilen Hängen, die kahl oder nur mit einer dünnen Auflagerung von Humus bedeckt sind, fließen die Niederschlagswässer rasch den Bächen zu. Der Fels selbst ist für Wasser wenig aufnahmefähig. Solche Verhältnisse bieten die kristallinen Schiefer (Gneis, Glimmerschiefer, Phylite) des Zentralstockes der Alpen, ferner die kristallinen Massengesteine (Granit, Tonalit u. a.). Oder der Boden ist durch Spalten zerklüftet, in denen die Niederschläge in unbekannte Tiefen versinken. Insbesondere vereitelt der häufig von senkrechten Spalten durchsetzte Porphyr die Bildung ausgiebiger und konstanter Quellen. So kommt es in dem ausgedehnten Porphyrgebiete Südtirols vor, daß selbst kleine Dörfer ihren Wasserbedarf nur durch Heranziehung einer größeren Anzahl von Quellen, in trockenen Zeiten vielleicht nur notdürftig, zu decken vermögen. Als leicht vermehrbare Beispiele hierfür führe ich Lisignago im Cembratale und Altrei im Fleimstale an.

Dieser Wassermangel macht sich mehr als je fühlbar. Zum Teile stellt der zunehmende Fremdenverkehr mit dem erhöhten Bestande an Hotels und Gaststätten größere Ansprüche an die Menge und vor allem an die Qualität des Wassers. Aber auch die Bevölkerung selbst bringt der Wasserversorgung reges Interesse entgegen, nicht zum wenigsten angeregt durch die Fürsorge der Regierung, welche günstig begutachtete Projekte mit namhaften Unterstützungen fördert. Die allmählich in das Volk übergehende Überzeugung von der Übertragung mancher Infektionen, besonders des Typhus durch verunreinigtes Trinkwasser, die durch die Erfahrungen in assanierten Orten bestärkt wird, insbesondere aber die Bevorzugung der Orte mit gutem Trinkwasser durch Sommergäste sind weiters anregende Momente, die alten durch Düngerstätten geführten undichten Holzröhren durch moderne Anlagen mit gut gefaßten Quellen und eisernen Rohrleitungen zu ersetzen. Fördernd wirken auch die in den meisten österreichischen Kronländern trefflich arbeitenden Landeskulturämter, denen die Verfassung der Projekte durch

spezialistisch geschulte Ingenieure obliegt. Auch die Bahnverwaltungen wenden der Beschaffung guten Trinkwassers für ihre Stationen und ihre den Streckendienst versehenden Angestellten (Bahnwächter) erhöhtes Augenmerk zu. So ergibt sich in den Alpenländern für den Techniker und den Hygieniker ein reiches Feld zur Betätigung, das in manchen der oben angedeuteten Fälle größere Schwierigkeiten bietet, als der mit den Verhältnissen weniger Vertraute glauben würde.

Bei den eigenartigen Verhältnissen eines Berglandes mit den volkärmeren Siedelungen scheiden die Wasserversorgungsanlagen, die auf der künstlichen Reinigung von Oberflächenwasser etwa durch Sandfiltration arbeiten, infolge der hohen Betriebskosten und des verwöhnten Geschmackes der Bevölkerung aus. Auch die Versorgung mit Grundwasser aus den Talböden ist wegen der Kosten einer künstlichen Hebung des Wassers nicht beliebt. Zudem eignet sich das Grundwasser des Talbodens, wie die Untersuchungen vieler Brunnenwässer lehren, häufig nicht ohne weiteres für den Genuß. Vor den erst in den letzten Jahrhunderten im großen Stile durchgeführten Flußregulierungen waren die Talsohlen von ausgebreiteten Sümpfen bedeckt, die infolge der Regulierung der Flußläufe allmählich austrockneten und dem Kulturlande wichen. Durchstößt man die Humusschicht, so gelangt man häufig in ganz geringen Tiefen auf noch nicht mineralisierte Reste der alten Sumpfvegetationen. Das Wasser enthält dann Ferro- und Manganoverbindungen, die störende Niederschläge nach ihrer Oxydation verursachen. Nicht selten ist auch ein mooriger Geruch und Geschmack vorhanden. Ein solches Wasser wird im besten Falle erst nach einer ausgiebigen Lüftung (Enteisenung) als Trinkwasser verwendbar.

Diese Verhältnisse machen es verständlich, daß dort, wo gute Quellen fehlen, außerordentliche Schwierigkeiten bestehen und daß jede neue Anregung in der Methodik der Trinkwasserbeschaffung das größte Interesse verdient. Von diesem Standpunkte erscheinen höchst beachtenswert und viel versprechend die in den letzten Jahren mit Glück unternommenen Versuche, das Grundwasser künstlich durch Zufuhr von Wasser offener

Gerinne zu vermehren[1]). Die Erfahrungen, welche z. B. die Stadt Basel[2]) mit diesem künstlichen Grundwasser gemacht hat, berechtigen zu den besten Hoffnungen. Die folgenden Ausführungen werden der Beurteilung eines Wassers gewidmet sein, welches zur Ergänzung der Hochdruckleitung der Stadt Trient in Aussicht genommen worden war und anscheinend auch in die Gruppe der künstlichen Grundwässer einzureihen ist. Da vielleicht für andere Orte die Möglichkeit einer ähnlichen Wassergewinnung besteht, mag die Beschreibung der Anlage und die Mitteilung der Untersuchungsergebnisse gerechtfertigt erscheinen.

* * *

Für die mit den Verhältnissen im Gebirge weniger vertrauten Leser muß ich einige Bemerkungen der Beschreibung voraussenden.

Wenn reichliche Niederschläge in der Ebene fallen, so treten Bäche und Flüsse aus und bedecken allmählich ansteigend die Fluren und die Siedelungen mit dem schlammführenden Hochwasser. Kehren die Wässer wieder in ihr Bett zurück, so hinterlassen sie feinen Schlamm, der die Fruchtbarkeit der Felder nicht selten fördert. Abgesehen von dem Schaden an Gebäuden, der eventuellen Vernichtung der Ernte des betroffenen Jahres, sind solche Hochwässer, wenn sie nicht ganz ungewöhnliche Dimensionen annehmen, verhältnismäßig harmlos, ja sogar — wie das Beispiel der Nilüberschwemmungen lehrt — nützlich. Ungleich härter werden die Gebirgsbewohner von solchen Ereignissen getroffen, da die rasch fließenden Flüsse und Wildbäche neben Schlamm und Humus Unmassen von grobem Geschiebe, Sand und Schotter mit sich führen, welches auf den

1) Richert, Les eaux souterraines artificielles. Stockholm 1900. — Thiem, Die künstl. Erzeugung von Grundwasser. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1898, S. 189. — Scheelhase, Beitrag zur Frage der Erzeugung künstl. Grundw. Ebd. LIV. Bd., S. 665. — Kruse, Zeitschr. f. Hyg. Bd. 59, S. 32.

2) Mischer, Über die Gewinnung von Grundw. für Basel. Prot. d. 38. Vers. d. Schweizer Vereine von Gas- und Wasserfachmännern, 24. und 25. September 1911 in Freiburg. Jahresber. d. Gas- und Wasserwerks Basel 1912.

Kulturen aufgelagert ein fruchtbares Gelände in eine Stein- und Schotterwüste umzuwandeln vermag. Die Ursache dieses Reichtums an Geschieben liegt darin, daß die Wässer, eingeengt durch die schmalen Talböden, mit großer Geschwindigkeit und lebendiger Kraft daherbrausen, während die weite Ebene den Wasserstrom so sehr verlangsamt, daß nur mehr die feinsten Partikelchen — Schlamm, Lehm — schwebend erhalten werden. Die Geschiebe empfängt der Gebirgsfluß von den Hängen der Gebirge, von denen die durch den Einfluß der Verwitterung gelockerten Gesteine oder Schottermassen, durch die Niederschläge in Bewegung gebracht, abgleiten. Je steiler die Wände, je unwirtlicher, wald- und kulturenärmer die Hänge, je stärker endlich der Grad der Verwitterung ist, was von der petrographischen Zusammensetzung der Böschungen abhängt, desto reichlichere Massen führen die geschwollenen Fluten mit sich. Treten etwa noch Unterwaschungen der Ufer mit nachfolgendem Einsturze dazu, dann können in der Regel harmlos aussehende Bäche Tausende von Kubikmetern Materiale in wenigen Stunden zu Tal schaffen. Nach bekannten physikalischen Gesetzen tritt bei der Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeit Sedimentierung auf. Die Geschiebe werden im Gebirge also hauptsächlich dort abgelagert, wo die aus den steileren Nebentälern mündenden Wildbäche in die größeren Täler eintreten. Als geographisches Ergebnis finden wir daher die Nebentalmündungen durch mehr oder minder mächtige Schuttkegel ausgezeichnet, deren auffälligste Wirkung ein Abdrängen des Flußlaufes auf die der Einmündung entgegengesetzte Talseite ist.

Wenn die Niederschläge besonders reichlich sind oder die Wasserfluten durch Anstau anfänglich zurückgehalten mit vervielfachter Masse heranstürmen und der Wildbach seine Ufer überflutet, dann treten die folgenschwersten Verwüstungen auf. Große Landstrecken werden überflutet, die landwirtschaftlichen Kulturen vermurt, Häuser, Dörfer und Städte abgetragen und das Werk einer Kulturarbeit von Jahrhunderten in wenigen Stunden vernichtet. Die Stätte des Wohlstandes wird in einen Trümmerhaufen verwandelt.

Mit der Verwüstung des überfluteten Gebietes ist aber die Gesamtwirkung des Unheils nicht erschöpft. Die zur Ruhe gelangten Geschiebe stauen die Wässer des Flusses, in welchen der Seitenbach mündete, an und bewirken flußaufwärts eine Überflutung des Talbodens, welche, wenn nicht künstlich Abhilfe geschaffen wird, auch dauernd bleiben kann und die fruchtbarsten Gegenden in ein unwirtliches und ungesundes Sumpfland umzuwandeln vermag.

Unter diesen Verhältnissen ist es begreiflich, daß die interessierten Gemeinwesen und auch der Staat nach Mitteln suchten, die folgenschweren Ereignisse unmöglich zu machen oder wenigstens in ihren Wirkungen abzuschwächen. Es zeigte sich freilich, daß die Sache überaus schwierig ist und nur eine bis in die kleinsten Nebentäler reichende Regulierung der Bäche und Behandlung ihrer Hänge eine Aussicht auf Erfolg bieten könne. Es wurde auch klar, daß hierbei nicht nur weit ausgreifende bauliche Vorkehrungen[1]) sondern auch kulturelle und wirtschaftliche Maßnahmen, wie Aufforstungen, künstliche Berasungen, rechtlich wirksame Sicherungen bestehender Waldbestände und ähnliches, in Frage kommen und demnach nicht nur technische und finanzielle Riesenleistungen notwendig sind, sondern daß Dezennien vergehen müssen, bis ein nur einigermaßen Sicherheit gewährender Zustand eingetreten ist. Um möglichst rasch das größte Unheil zu verhüten, versuchte man zunächst die Ge-

1) Die baulichen Vorkehrungen der Wildbachverbauung sind überaus mannigfache. Es können demnach an dieser Stelle nur Andeutungen gegeben werden. Es gehören hierher: Vorkehrungen gegen Bergstürze, Steinschläge, Lawinen, wie Untermauerung, Aufstellung von Flechtwerken, Schutzmauern, Verpfählungen; gegen Erosion, Korrosion und Unterwühlung im Bachbette, eingebaute Querwerke, Talsperren, Grundschwellen, Steinstaffeln zur Herabsetzung des Gefälles und der Talfahrt der Geschiebe; Ausschalungen, „Kunettierung" der Bachsohle zur Vermeidung der Auskolkung des Untergrundes; Entwässerungsanlagen zur Vermeidung von Unterwaschungen von Hängen und Böschungen, die von unterirdischen Wasserläufen durchsetzt sind usw. Vgl. Ferd. Wang, Grundriß der Wildbachverbauung, II. Teil. Leipzig 1901/03, ferner P. Demontzey Studien über die Arbeiten der Wiederbewaldung und Berasung der Gebirge, aus dem Franz. übers. von A. v. Seckendorff, Wien 1880. Für eine mündliche Belehrung bin ich auch Herrn Oberforstrat G. Strele in Innsbruck zu Dank verpflichtet.

schiebe von den gefährdetsten Orten, also der Einmündung der Wildbäche in die Haupttäler, abzuhalten, indem man an geeigneten Stellen Staumauern, „Talsperren", errichtete.

Entsprechend dem Zwecke dieser Talsperren, die Geschiebe in möglichst großem Ausmaße zurückzuhalten, muß für die Errichtung des Stauwerkes eine Stelle gewählt werden, welche eine möglichst große Verlandung (Materialanhäufung) ermöglicht. Dies wird dort zutreffen, wo das ursprüngliche Bachgefälle gering und das Verlandungsgebiet ober der Sperre ausgedehnt ist. Um die Sperre, die hohen Drucken ausgesetzt ist, möglichst widerstandsfähig zu machen, müssen Bachsohle und Böschungen, in welche das Objekt eingebaut wird, eine ausreichende Festigkeit aufweisen. Ebenso verständlich ist es, daß nicht zu breite Talstellen gewählt werden sollen, weil unter sonst gleichen Umständen eine kurze Mauer widerstandsfähiger ist als eine lange. Demnach empfiehlt es sich aus technischen und ökonomischen Gründen, als Baustellen enge Felsschluchten zu wählen, ober welchen sich das Tal erweitert[1]). Zum Unterschiede von den in der hygienischen Literatur oft besprochenen Talsperren, welche zur Aufspeicherung von Wasser dienen, sollen die Staumauern der Wildbachverbauung nicht das Wasser, sondern nur das Geschiebe zurückhalten. Bei den aus behauenen und nur aneinander gefügten Steinen (Trockenmauerwerk) hergestellten Sperren besorgen die Entwässerung die Fugen der Mauer. Werden diese aber, um dem Bauwerke eine erhöhte Festigkeit zu verleihen, mit Bindemitteln ausgefüllt, so muß für den Abfluß durch eigene Entwässerungskanäle oder Entwässerungsschlitze, die sog. Dohlen, vorgesorgt werden. Solche Dohlen, die durch vorgebaute Rechen gegen den Durchtritt gröberer Geschiebe gesichert werden, bieten auch eine größere Gewähr für einen geregelten Wasserabfluß als die Fugen des Trockenmauerwerkes, welche sich leicht mit Schlamm verlegen. Solange die Geschiebe sich noch nicht angehäuft haben, fließt das Bachwasser aus der Dohle frei heraus. Mit dem Anwachsen des abgesetzten Materiales wird die Bachsohle ober der Staumauer immer höher, so daß die

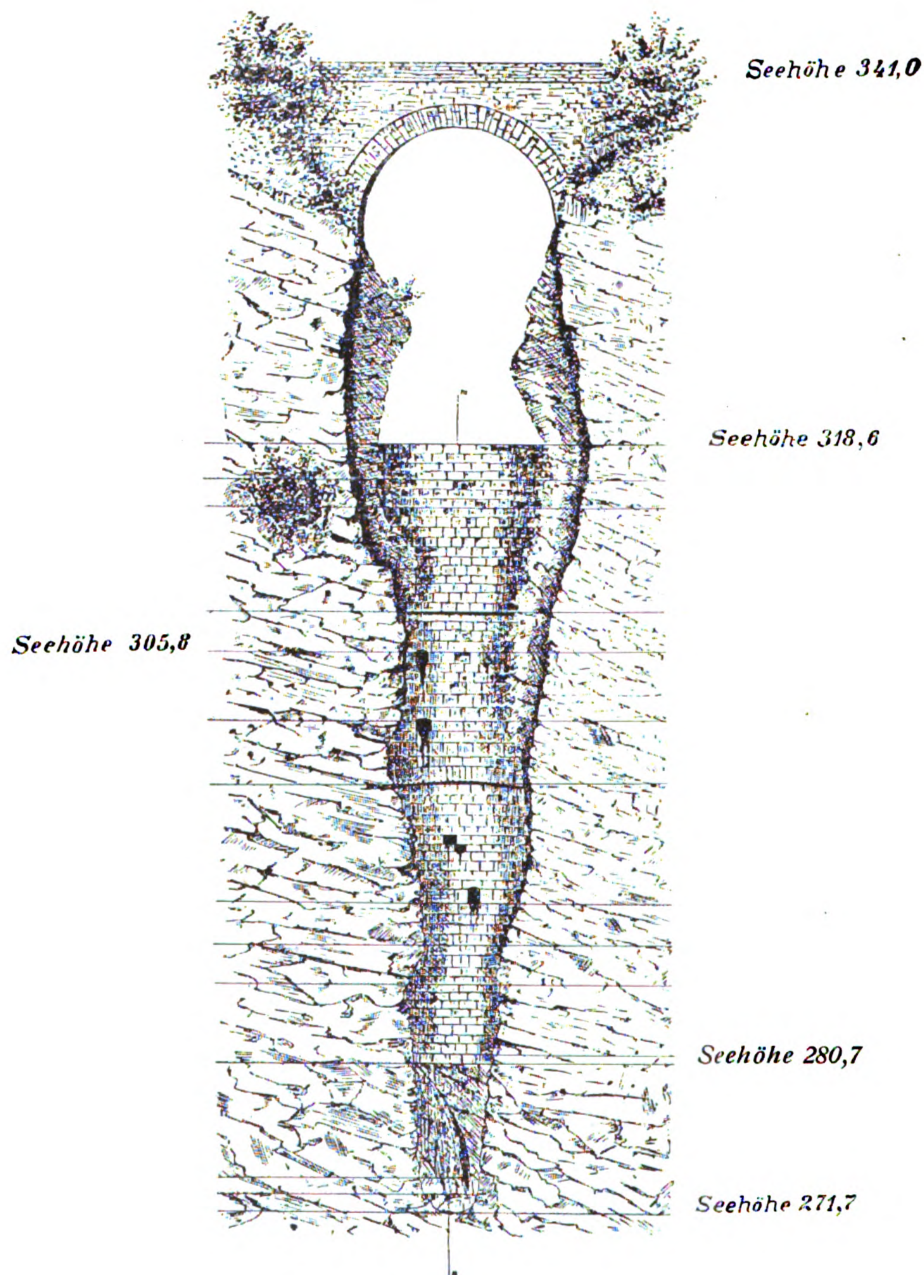
1) Wang, Grundr. d. Wildbachverb. II, S. 297.

Dohle bald vom Materiale bergwärts bedeckt wird. Das Wasser, welches dann aus der Dohle abfließt, ist nicht mehr Oberflächenwasser im strengen Sinne. Es hat vielmehr je nach der Höhe der deckenden Schichte eine Filtration durch mehr oder minder mächtige Lagen von Kies, Schotter, Sand durchgemacht, die zu tiefgreifenden Veränderungen seiner chemischen, physikalischen und bakteriologischen Beschaffenheit führen kann. Erwägt man, daß die Sohle eines Gerinnes durch Ablagerung feiner Sedimente, Algenvegetation, Schlickbildung für Wasser meist undurchlässig geworden ist, ferner daß sich die Geschiebemassen infolge des wechselnden Spieles höherer und niederer Wasserstände aus Lagen gröberen und feinsten (Lehm)-Materiales aufbauen, so wird man die Vorstellung einer einfachen, im vertikalen Sinne vor sich gehenden Filtration zurückweisen müssen und das Abflußwasser als eine Art Grundwasser anzusprechen haben, welches infolge seiner Entstehung durch einen Eingriff des Menschen in die Kategorie der künstlichen Grundwässer einzureihen ist. Die Mannigfaltigkeit der örtlichen Umstände erheischt, wenn ein Urteil über die Brauchbarkeit solcher Wässer für den Haushalt ausgesprochen werden soll, abgesehen von einer genauen örtlichen Besichtigung, eine Reihe eingehender chemischer und bakteriologischer Untersuchungen.

Gelegenheit zu solchen Untersuchungen bot sich anläßlich einer von der Stadt Trient eingeforderten gutachtlichen Äußerung über die Verwendbarkeit des aus der Pont'alto-Madruzzasperre kommenden Wassers.

Die Sperre bei Pont'alto und ihre Vorsperre alla Madruzza.

Südtirol besitzt im Flußgebiete der Etsch eine Anzahl der oben beschriebenen Talsperren, so bei Trient für die Fersina, bei Lavis für den Avisio, bei Rovereto für den Lenobach, bei Calliano für den Roßbach. Einzelne Sperren sind von beträchtlichen Abmessungen, so die Avisiosperre von St. Giorgio, deren Kronenmauer 80 m, deren Höhe ca. 19 m beträgt. Durch ihre Geschichte besonders interessant ist die Sperre am Pont'alto, die zum Schutze der historisch und kulturell bedeutsamen Stadt



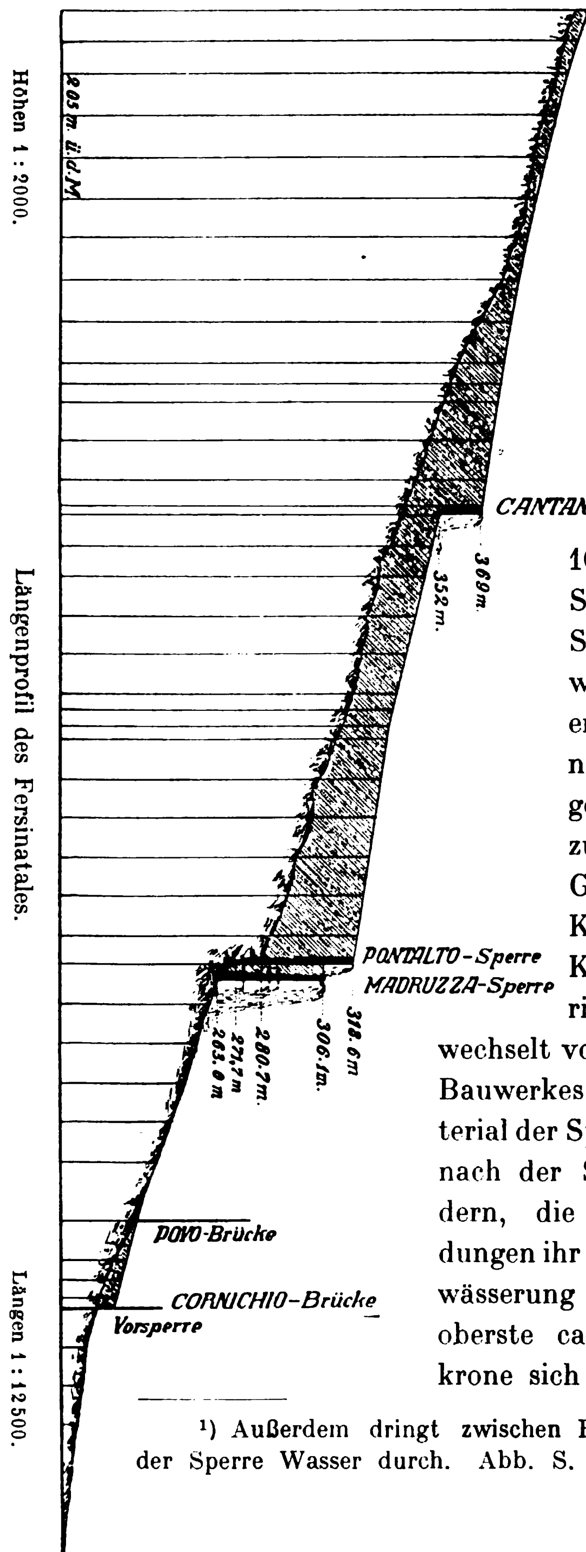
Pont'altosperre vor der Errichtung der Madruzzasperre.
Zurzeit ist die Sperrmauer durch das angehäufte Material der Madruzzasperre nur bis zur Seehöhe 305,8 frei, so daß alle Dohlen unter dem Schutte liegen.

Trient gegen die Wildwässer der aus dem Fersentale kommenden Fersina errichtet wurde. Mit dieser Sperre werden sich die folgenden Ausführungen befassen[1]).

Soweit die Urkunden Nachricht geben, wurde die Sperre zuerst, und zwar aus Holz im Jahre 1537 über Anregung des Bischofs Bernhard Cles von Trient errichtet. Nach kurzem Bestande zerstörten sie die Fluten der Fersina, wobei die Stadt in höchster Gefahr schwebte, unter dem Gerölle begraben zu werden. 1564 wurde auch die an ihrer Stelle über Anregung des Kardinals Madruzzi aus Stein errichtete Sperre ein Raub der Fluten. Dasselbe Schicksal ereilte die aus Stein in den Jahren 1611 bis 1613 wieder erbaute Staumauer im Jahre 1686. Neuerlich aus den Steinresten, die durch Holzwerk verbunden wurden, aufgerichtet, hielt sie bis 1747. Trotz dieser Mißgeschicke war die Überzeugung von dem Werte des Bestehens der Sperre nicht nur für die Eindämmung der Überschwemmungen sondern auch der Fieberkrankheiten so gefestigt worden, daß schon 1748 der Wiederaufbau begann und 1752 von Francesco Giovanelli vollendet wurde. Dieses Bauwerk besteht im wesentlichen noch heute, allerdings mehrfach nicht unbeträchtlich erhöht. Die wichtigste Sicherung des Bestandes der Pont'altosperre erfolgte durch die Errichtung einer Vorsperre in der Lokalität „alla Madruzza", die in einer allen modernen technischen Anforderungen entsprechenden Weise vom Ingenieur Dr. Karl de Pretis in den Jahren 1885/86 hergestellt wurde und den größten Teil des bis dahin allein von der Pont'altosperre getragenen Druckes auf sich nahm. Vorsperre und Sperre stellen ein organisch zusammengehörendes Bauwerk dar.

Außer der Pont'altosperre und ihrer Vorsperre alla Madruzza bestehen im Fersenbache ober Trient noch zwei Sperren, und zwar die ca. $2\frac{1}{4}$ km ober dem Pont'alto, unterhalb der Ortschaft Civezzano, im Jahre 1884 errichtete 17 m hohe Cantanghelsperre und die flußabwärts (ca. 1700 m unter dem Pont'alto) gelegene kleine Vorsperre von Cornichio. Über die Lage dieser Sperren und ihre Höhen gibt uns das Längenprofil des Fersinatales (S. 222) die beste Übersicht. Neben der Pont'alto-Madruzzasperre verdient unser Interesse die Cantanghelsperre. Wegen der Tiefe des Talbodens des Fersenbaches an der Baustelle gelang es auch bei der Wiedererbauung 1884 nicht, die Fundamente auf den Fels zu stellen. Die Sperre ist demnach nur auf die Geschiebe des Baches fundiert, was für den Bestand vom technischen Standpunkte nicht sehr günstig ist. Für die hygienische Beurteilung

1) Weber R. v. Ebenhof, Der Gebirgswasserbau im alpinen Etschbecken, Wien 1892, S. 148.

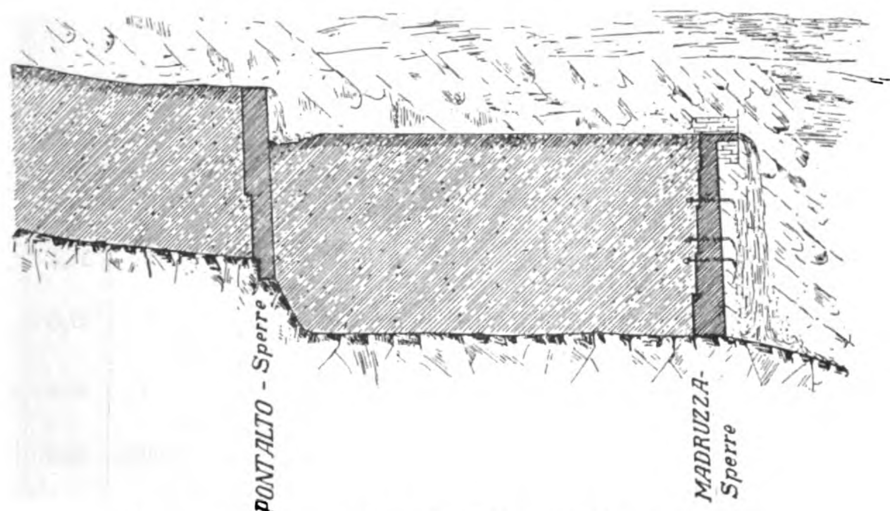


des Dohlenwassers der Pont'alto-Madruzzasperre ist dieser Tatbestand aber von großer Bedeutung.

Die Pont'altosperre befindet sich an einer überaus glücklich gewählten Stelle. Die enge Erosionsschlucht mißt in ihrer Breite am Grunde nur 3,4 m, in ihrer Mitte 7 m und an der Sperrkrone 10 m. Unmittelbar ober der Sperre erweitert sich die Schlucht zu einem Becken, welches die Breite von 125 m erreicht, so daß mit verhältnismäßig billigen Mitteln ungeheuere Mengen Materiales zurückgehalten werden. Der Grundriß der Sperre ist ein Kreissegment, welches mit der Konvexität bachaufwärts gerichtet ist. Die Mauerstärke wechselt von 2 bis 5 m. Die Höhe des Bauwerkes beträgt 37,9 m. Das Material der Sperre besteht aus mächtigen, nach der Schablone behauenen Quadern, die seitlich in den Felswandungen ihr Widerlager finden. Zur Entwässerung dienen vier Dohlen, deren oberste ca. 13 m unter der Mauerkrone sich befindet.[1])

[1]) Außerdem dringt zwischen Fels und Mauerwerk am Fuße der Sperre Wasser durch. Abb. S. 220.

Die Madruzzasperre wurde rd. 80 m fersinaabwärts von der vorigen zu deren Sicherung errichtet und besitzt eine Gesamthöhe von 41 m. An ihrer Kronenkante wurde eine Seehöhe von 306,1 m gegenüber 318,6 m an der Pont'altosperre gemessen, so daß sie nur um 12,5 m von der älteren Sperre überragt wird.[1]) Um den Grund des Bauwerkes und die seitlichen Widerlager vor der Gewalt des Wasserfalles und des mit diesem in die Tiefe stürzenden Gesteinsmateriales zu schützen, wurde noch in der Ebene der Krone ein Gewölbe aufgeführt, welches eine bachabwärts gerichtete Verlängerung der Kronenmauer trägt, so daß



Längenschnitt zwischen Pont'alto und Madruzzasperre.

das Wasser, wie aus dem Schnitte Tafel II ersichtlich ist, 6 m von der Mauer entfernt abstürzt. Eine Galerie gestattet eine Besichtigung des Wasserfalles, wobei sich der Beschauer zwischen den herabtosenden Wassermassen und der Sperrmauer befindet. (Vgl. Tafel II Schnitt und Ansicht.)

Die Folge der Erbauung der Madruzzasperre war die Auffüllung der Bachschlucht zwischen Haupt- und Vorsperre bis zur Kronenhöhe der letzteren. Von dem hohen Bauwerke der Pont'altosperre ragt nur der obere, 12,5 m messende Abschnitt vor, während

[1]) Das Verhältnis der beiden Sperren verdeutlicht der Längenschnitt Seite 223.

Tabelle

Datum der Entnahme	Herkunft des Wassers	Chlor (Cl)	Schwefelsäure (SO_3)	Salpetersäure (N_2O_5)	Salpetrige Säure (N_2O_3)	Kaliumpermanganatverbrauch mlg pro l	Schwefelwasserstoff (H_2S)	Ammoniak (NH_3)	Kalk (CaO) mlg pro l	Magnesia (MgO) mlg pro l
6. XII. 1909	Rohr	Spuren	—	Spuren	0	1,0	0	0	52,4	14,6
14. III. 1911	Rohr	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14. III. 1911	Bach	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28. III. 1911	Rohr	Spuren	Spuren	Spuren	0	3,6	0	0	61,2	16,1
28. III. 1911	Bach	Spuren	Spuren	Spuren	0	3,2	0	0	53,2	14,2
9. VI 1911	Rohr	Spuren	Spuren	zarte Spuren	0	1,8	0	0	39,6	9,1
9. VI. 1911	Bach	Spuren	Spuren	zarte Spuren	0	4,9	0	Spuren	24,8	1,7
25. VII. 1911	Rohr	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25. VII. 1911	Bach	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15. IX. 1911	Rohr	zarte Spuren	qual. nachgew.	qual. nachgew.	0	2,6	0	0	64,8	12,5
15. IX. 1911	Bach	zarte Spuren	qual. nachgew.	qual. nachgew.	Spuren	5,01	0	0	50,4	9,9
9. X. 1911	Rohr	0	Spuren	0	0	2,1	0	0	44,4	9,9
9. X. 1911	Bach	Spuren	qual. nachgew.	qual. nachgew.	0	3,8	0	0	37,6	5,9
10. XI. 1911	Rohr	Spuren	Spuren	Spuren	0	0,3	0	0	50,4	Spuren
10. XI. 1911	Bach	Spuren	Spuren	starke Reakt.	0	5,9	0	Spuren	38,4	9,3
2. III. 1912	Rohr rechts	Spuren	geringe Mengen	Spuren	0	2,9	0	0	60,4	13,6
	Rohr links	Spuren	geringe Mengen	Spuren	0	3,1	0	0	60,8	13,5
2. III. 1912	Bach	—	—	—	—	—	—	—	—	—

der untere größere Teil einschließlich aller Dohlen, deren oberste 13 m unter der Kronenmauer liegt, vom Geschiebe überdeckt ist.

Zur Entwässerung der Madruzzasperre dienen eingelassene eiserne Rohre von ca. 15 cm Durchmesser, die in die während des Baues zur Ableitung des Wassers ausgesparten Dohlen wasserdicht einbetoniert wurden. Die Rohre durchsetzen nicht nur die gesamte Mauerdicke, sondern ragen 1,6 m weit in den bachaufwärts angestauten Schotter. Um das Eindringen von Kies und Sand zu verhüten, sind die Rohre mit durchlochten Kappen ver-

I.

Deutsche Härtegrade	Trockenrückstand mg pro l	Keimzahl pro ccm	Gärprobe nach Ejkmann	Äußere Beschaffenheit der Probe	Ergiebigkeit bzw. Bachhöhe	Entnommen durch	Wassertemperatur ° C	Lufttemperatur ° C	Bemerkungen
7,2	158,6	—	—	klar	—	?	7	5	
—	—	6	0	klar	—	Lode	8,6, 8,5	?	
—	—	1160	0	ziemlich klar	—	Lode	9,4	?	
8,4	185,4	—	—	klar	—	—	—	—	
7,3	164,6	—	—	trübe mit ger. Bodens.	—	—	—	—	
5,24	122,0	—	0	klar	—	—	—	—	Regen durch längere Zeit
2,7	79,5	—	auch bei 1½ cm +	stark trübe	—	—	—	—	
—	—	22	0	klar, etwas Sand	—	Lode	12,6	23,4	Keine Niederschläge vorausgegangen
—	—	∞	auch bei 1½ cm +	fast klar, farblos	—	Lode	12,8 20,4	23,4	
8,2	183,2	65	—	klar, farblos	—	Zeni	13,1	16,0	
6,4	160,4	< 300	—	milchig getrübt	—	Zeni	17,9	19,8	
5,8	131,2	—	—	klar	9,8 } Sek.- 8,5 } Lit.	Zeni	11,9	14,4	
4,6	106,4	—	—	trüb weißlich	ca. 30 cm über der Sperrkrone	Zeni	14,8	16,8	Längerer Regen vorausgegangen
5,1	149,6	6	—	klar	9,8 } Sek.- 8,9 } Lit.	Zeni	9,8	9,5	
5,1	146,8	<3000	—	trüb	angeschw. ca. 8 cm über der Sperrkrone	Zeni	8,7	7,2	
7,95	170,8	12	0	klar	11,05 } Sek.-	Zeni	9,0	11	
7,97	170,8	7	0	klar	9,5 } Lit.		8,8		
—	—	<1600	—	klar	einige cm über der Sperrkrone	Zeni	11,2	—	

sehen. (Vgl. Tafel III Draufsicht.) Je zwei Rohre sind in einer Tiefe von 16, 19,5 und 23,3 m unter der Mauerkrone in das Mauerwerk eingelassen. (Vgl. Tafel II Schnitt.) Das aus den unteren Rohren hervortretende Wasser sollte — unter der Voraussetzung seiner einwandfreien Beschaffenheit — zur Ergänzung der in trockenen Zeiten ungenügenden Quellwasserversorgung herangezogen werden, zu welchem Zwecke das Wasser beider Rohre vereinigt in einem schon bestehenden Felsstollen, der in der linksseitigen Wand der Fersinaschlucht vorgetrieben ist und

in eine an die Staumauer angebaute, überwölbte Galerie mündet, abgeleitet werden würde. (Vgl. Tafel III Draufsicht und Schnitte.

Es war also in erster Linie eine hygienisch zulässige Beschaffenheit des Dohlenwassers zu erweisen. In zweiter Linie stellte die Stadtgemeinde Trient auch die Frage, ob das aus der Sperre abfließende Wasser ein filtriertes Flußwasser sei oder ob es von Quellen stamme, die in den Stauschotter eintreten. Der Zufluß von Quellwasser in den Stauschutt wurde vom geologischen Sachverständigen Herrn Professor B l a a s als möglich bezeichnet. Über die Menge dieses allfälligen Quellwassers bestehen nicht einmal Vermutungen.

Um für die Beantwortung der Fragen Unterlagen zu gewinnen, wurden zu verschiedenen Jahreszeiten möglichst gleichzeitig Wasserproben dem Fersinabache bei der Pont'altosperre und den Röhren der Madruzzasperre zur chemisch-bakteriologischen Prüfung entnommen. Zwei Entnahmen machte ich selbst anläßlich zweier Besichtigungen der Anlage, die übrigen Wasserentnahmen besorgte Herr Dr. Z e n i , Arzt beim Trienter Stadtphysikate. Nach Möglichkeit wurden auch Messungen der Temperatur und der Ergiebigkeit vorgenommen. Auf die Zahlen der Ergiebigkeit, die mit älteren Messungen nach mündlichen Angaben leidlich übereinstimmen, sei gleich an erster Stelle hingewiesen. Sie zeigen uns, daß die nur geringen Schwankungen unterliegende Wassermenge, auf welche zu rechnen wäre, für eine kleinere Stadt belangreich ist. Die rund 18 Sek./l betragende Wassermenge reicht, wenn man pro Kopf und Tag 100 l rechnet, für eine Einwohnerzahl von 15 500 Personen aus. (Trient besitzt nach den Angaben des Amtskalenders vom Jahre 1914 30 004 Einwohner.)

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Tabelle I, S. 224/225, übersichtlich zusammengestellt. Bei dem Vergleiche der Zahlen, welche Bach- und Rohrwasser ergaben, fällt auf, daß

1. der Trockenrückstand des Rohrwassers nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterliegt, und
2. daß diese Schwankungen gleichsinnig mit den Änderungen des Trockenrückstandes des Bachwassers verlaufen.

Um die Verhältnisse besser vergleichen zu können, wurden die Trockenrückstände in der Tabelle II übersichtlich einander gegenübergestellt.

Tabelle II.

Schwankungen der Trockenrückstände. (mg pro Liter.)

	Rohrwasser	Bachwasser
6. XII. 1909	158,6	?
28. III. 1911	**185,4**	**164,6**
9. VI. 1911 (Regen)	**122**	**79,5**
15. IX. 1911	183	160
9. X. 1911 (Regen)	131	106
10. XI. 1911	149,6	146,8
2. III. 1912	170,8	?

Man vergleiche die Zahlen vom 28. III., 9. VI., 15. IX. und 9. X. Das stärkste Absinken des Trockenrückstandes in Rohr und Bach erfolgte nach Regengüssen. Dabei ist jedoch belangreich, daß das relative Absinken des Rückstandes im Bache größer ist als im Rohrwasser. Am 28. III. zeigt die Tabelle für den Bach 164,6 m/lg Trockenrückstand pro l, am 9. VI. 79,5 m/lg pro l, also ein Absinken um 52%. Die korrespondierenden Zahlen für das Rohr betragen 185,4 und 122. Es ergibt dies ein Absinken von nur 36%. Am 15. IX. und 9. X. betrugen die Trockenrückstände im Rohrwasser 183 und 131, im Bachwasser 160 und 106. Demnach beträgt das Absinken im Bachwasser 44%, im Rohrwasser 28%. Ganz ähnliche Schwankungen zeigen auch die Zahlen für Kalk und Magnesia sowie die aus diesen Zahlen berechneten Härtegrade.

Aus diesem Verhalten allein ist die Abhängigkeit des Rohrwassers vom Wasser des Baches allerdings noch nicht völlig einwandfrei dargetan, da ja viele Quellen nach Niederschlägen ebenfalls einen verringerten Gehalt an gelösten Stoffen aufweisen. Es betrifft dies aber nur Quellen, die nur eine geringe Wegstrecke im Boden, meist nahe der Oberfläche, durchlaufen. Stets zeigen solche Quellen auch starke Schwankungen ihrer Ergiebigkeit.

Gegen die Annahme solcher seichter Quellen spricht das geologische Gutachten, das allfällige Aufgehen der Quellen in

der Tiefe der in die Scaglia eingerissenen Fersinaschlucht und das Fehlen stärkerer Schwankungen der Ergiebigkeit des Rohrwassers, soweit uns Messungen und Angaben hierüber Auskunft geben.

Somit ist die Annahme wahrscheinlich, daß die Beschaffenheit des Bachwassers die Zusammensetzung des Rohrwassers stark beeinflußt, und daß dem Rohrwasser nicht unbeträchtliche Mengen Bachwasser zugemischt werden, die allerdings eine mächtige Schotterschichte durchsetzt haben. Gegen diese Annahme könnte der höhere Gehalt des Rohrwassers an gelösten Substanzen eingewendet werden. Da sich aber der Schotter oberhalb der Sperren zum großen Teile aus kalk- und magnesiahaltigen Gesteinen aufbaut, erscheint die Vermehrung des Trockenrückstandes und die Zunahme der Härte beim Durchtritte des Wassers durch die mächtige Lage der Geschiebe verständlich. Je weniger Salze das Bachwasser (bei Regen) besitzt, desto geringer bleibt auch der schließlich vorhandene Gehalt an gelösten Substanzen. Enthält hingegen das versinkende Bachwasser selbst mehr gelöste Substanzen, so erhöht sich auch der Trockenrückstand des die Schottermasse durchsetzenden Wassers. Somit erscheint es zur Erklärung der höheren Gehalte des Rohrwassers an Kalk- und Magnesiumsalzen nicht notwendig, den Zufluß von Quellen in die Schottermasse heranzuziehen.

Weiter ergibt sich aus der Tabelle I, daß der Reinheitszustand des Rohrwassers in chemischer Hinsicht ein günstiger ist. Dies erhellt daraus, daß niemals Anzeiger unoxydierter Verunreinigungen, also Ammoniak, salpetrige Säure, Schwefelwasserstoff, gefunden wurden, während im Bachwasser am 15. IX. 1911 salpetrige Säure und am 9. VI. und 10. XI. 1911 Ammoniak vorhanden war. Die zur Oxydation der organischen Substanzen notwendige Menge Kaliumpermanganat war durchaus beim Rohrwasser geringer als beim Bachwasser. In einigen Fällen, z. B. am 9. VI., am 15. IX., insbesondere aber am 10. XI., sind die Unterschiede sehr groß. Im letzteren Falle war die aus dem Kaliumpermanganatverbrauche zu erschließende Menge organischer Substanzen fast 20 mal größer im Bach- als im Rohr-

wasser. Selbst die Chloride und Nitrate zeigten vereinzelt eine Abnahme.

Aus der Verminderung der organischen Substanzen geht auch hervor, daß das Wasser einen Reinigungsprozeß beim Durchtritt durch den Schotter durchmacht, der jenen einer einfachen Filtration bedeutend überragt und nur an dem im natürlichen Boden vor sich gehenden Selbstreinigungsprozesse des Wassers eine Analogie besitzt.

Sehr augenfällig wird dieser Reinigungseffekt, wenn man die äußere Beschaffenheit des Wassers berücksichtigt. Das Rohrwasser war stets klar und farblos, und zwar auch dann, wenn die zu gleicher Zeit dem Bache entnommenen Proben stark getrübt, gelb oder milchig erschienen. In dieser Hinsicht sind insbesondere die Vergleiche der Wässer vom 9. VI., 15. IX., 9. X. 1911 belangreich. Die Trübung des Bachwassers hatte ihren Grund in feinen schwebenden Teilchen, welche selbst nach vieltägigem Stehenlassen nicht sedimentierten, durch dichte Papierfilter durchgingen und nur durch keimdichte Berkefeldfilter zurückgehalten werden konnten. Solche feine Trübungen werden von schwebenden Teilchen hervorgerufen, welche an Kleinheit den mikroskopisch sichtbaren Mikroorganismen gleichstehen, sie vielleicht sogar übertreffen. Somit ließ dieses Verhalten der stetigen Klarheit des Rohrwassers auch bei hochgehendem Bache an sich eine gute Filtration der Mikroorganismen erwarten.

In der Tat konnte auch in bakteriologischer Hinsicht (Tabelle III) ein guter Reinigungseffekt mit einer einzigen Ausnahme

Tabelle III.

Schwankungen des Keimgehaltes. (Keime pro cm³.)

	Rohr	Bach
14. III. 1911	6	1160
25. VII. 1911	22	∞
15. IX. 1911	65	> 300
10. XI. 1911	6	> 3000
2. III. 1912	12 7	> 1600

(am 15. IX.) erhoben werden. So zeigte auf Fleischwasserpeptongelatineplatten gezählt nach 3 bis 6 Tagen am 14. III. 1911 das Bachwasser 1160, das Rohrwasser nur 6 Keime. Am 10. XI. hatte das Bachwasser mehr als 3000, das Rohrwasser nur 6 Keime, am 25. VII. war die Keimzahl im Bache so groß, daß eine Zählung der Keime nicht möglich war. Das Rohrwasser hatte 22 Keime. Am 2. III. besaß das Bachwasser mehr als 1600, das Rohrwasser 7 bzw. 12 Keime, und nur am 15. IX. war das Ergebnis ungünstiger mit mehr als 300 Keimen im Bachgegen 65 im Rohrwasser. Diese Wasserentnahme und Aussaat war aber die erste, welche Herr Dr. Zeni ausführte, und es ist hierbei um so eher ein ungünstiger Zufall anzunehmen, als ja am 15. IX. das Bachwasser einen günstigen Befund aufwies.

Auch das unterschiedliche Verhalten von Rohr- und Bachwasser in bezug auf den Gehalt von Bakterien aus der Koligruppe spricht für eine gute Filtration.

Bei dem üblichen Nachweis in Traubenzuckerbouillon mit steigenden Mengen Wasser bis zu 60 und 100 ccm konnte im Bachwasser fast stets ein erheblicher Gehalt an Gärerregern aus der Koligruppe erhoben werden. Niemals gelang dieser Nachweis im Rohrwasser. Einer besonders scharfen Prüfung wurde das Rohrwasser am 2. III. 1912 unterzogen.

Es wurden je 1000 ccm Wasser durch kleine keimdichte Berkefeldfilter filtriert und hierauf die ganzen vorher peinlichst genau sterilisierten Filter, an deren Wänden sich alle Mikroorganismen des filtrierten Wassers festgesetzt haben mußten, in Traubenzuckerbouillon gebracht und unter den üblichen Kautelen bei 46° C bebrütet. Es zeigte sich, daß selbst nach einer mehrtägigen Beobachtungszeit keine Gärung eingetreten war, ein Beweis, daß in der großen in Arbeit genommenen Wassermenge von 2 l (1 l von jedem Rohre) kein Mikroorganismus der Koligruppe vorhanden war.

Minder günstig als die bisher besprochenen Werte ist das Verhalten der Temperatur des Rohrwassers. Soweit aus den allerdings spärlichen Messungen ersehen werden kann, betragen die Schwankungen der Wasserwärme mehr als 6° C im Jahre. Die

Tabelle IV.

Schwankungen der Temperatur.

	Rohr °C	Bach °C
6. XII. 1909	7	?
14. III. 1911	8,6	9,4
25. VII. 1911	12,6 12,8	20,4
15. IX. 1911	13,1	17,9
9. X. 1911	11,9	14,8
10. XI. 1911	9,8	8,7
2. III. 1912	9,0 8,8	11,2

niedrigste mir bekannt gewordene Temperatur betrug am 6. XII. 1909 7° C, die höchste 13,1 am 15. IX. 1911. Im Sommer besitzt das Wasser also Temperaturen, die an der Grenze jener Werte stehen, die ein Wasser noch zum Genusse einladend bezeichnen lassen. Vgl. Tab. IV.

So groß diese Schwankungen der Temperatur des Rohrwassers auch scheinen, so sind sie im Vergleiche zu den wahrscheinlichen Maximis und Minimis des Bachwassers gering. Der Unterschied zwischen Bach- und Rohrwasser ist sicher zu den extremen Jahreszeiten ein bedeutender, was aus der Messung vom 25. VII. 1911 hervorgeht, an welchem Tage der Unterschied fast 8° C (20,4 gegen im Mittel 12,7) ausmachte. Auch durch diese Zahlen wird das aus anderen Gründen erschlossene lange Verweilen des Wassers in den Schottermassen bewiesen.

Die relativ hohe Wassertemperatur des Rohrwassers im Hochsommer dürfte dadurch minder fühlbar werden, daß im allgemeinen in Südtirol eine starke Verminderung der Niederschläge in den heißesten Zeiten nicht auftritt, wie aus den Zahlen der Tabelle V ersichtlich ist. Der Tiefstand der Niederschläge fällt vielmehr in den kältesten Monat, den Jänner. Nach der mir freilich nur für das Jahr 1903 bekannten Angabe hatten die Quellen am Fol, welche einen Teil des Trinkwassers für die Stadt Trient liefern, ihre Minimalergiebigkeit am 1. Februar, die maximale im Juni. Es dürfte also zur Zeit der höchsten Temperatur des Rohrwassers

Tabelle V.

Niederschlagshöhe in mm (Trient [Fersinagebiet]).

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.
1899	56	10	19	188	156	51	53	41	131	17	2	73
1900	99	65	105	38	119	30	79	116	83	31	229	10
1901	1	76	306	106	116	82	131	63	205	131	72	133
1902	33	172	63	37	60	67	64	58	34	113	41	61
1903	96	24	24	51	175	108	82	81	139	263	99	129
1904	14	175	230	14	112	81	52	92	212	26	111	112
1905	20	77	53	56	364	92	31	165	88	22	193	2
1906	20	74	123	69	39	75	84	28	39	113	279	37
1907	24	19	0	68	47	74	57	45	64	408	29	119
1908	6	16	83	116	103	118	126	96	72	107	5	27
1909	0	111	125	25	40	111	30	77	33	184	58	177
Summe	369	819	1131	768	1331	889	789	862	1100	1415	1118	880
Monatsmittel:	33,6	74,5	102,8	69,8	121	80,8	71,7	78,4	100	128,6	101,6	80

dessen Heranziehung für die Wasserversorgung nicht immer notwendig sein, wodurch die geringfügige Erwärmung des gesamten Trinkwassers meist vermeidbar wäre.

Faßt man das Urteil über das Rohrwasser vom hygienischen Standpunkte zusammen, so ergibt sich folgendes:

Das Wasser aus den untersten Tuben der Madruzzasperre erwies sich bei den wiederholten Untersuchungen als frei von Anzeigern bedenklicher Verunreinigungen; es zeigte einen unbeträchtlichen Gehalt an Bakterien und ließ in keinem Falle, auch bei scharfer Prüfung, die im Bachwasser fast immer vorhandenen Mikroorganismen aus der Koligruppe nachweisen. Diesen günstigen Befunden, welche für eine gute Filtration sprechen, stehen die stärkeren Temperaturschwankungen gegenüber, welche es wahrscheinlich machen, daß das Dohlenwasser nicht oder nur in vernachlässigbaren Mengen von Quellen gespeist wird, welche sich in den Stauschotter ergießen. Das Wasser dürfte sich vielmehr zum Teile aus Grundwasser der Fersina, zum größeren Teile aus versickertem Bachwasser zusammensetzen, welches durch sein langes Verweilen im Unter-

grunde in den meisten Belangen die Eigenschaften des Grundwassers angenommen hat.

Es wäre von Interesse zu wissen, wie lange das Wasser vom Momente seines Versinkens bis zum Austritte aus dem Rohre im Schotter verweilt. Hierbei käme weniger die Gefahr der Lebensfähigkeit allenfalls in den Schotter einsinkender pathogener Keime in Frage, da deren Beseitigung auf dem Wege der Filtration durch die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung gesichert erscheint, als vielmehr die Erfahrung, daß die chemische und physikalische Reinheit desto vollkommener wird, je länger das Wasser im Untergrunde verweilt. Scheelhase hat insbesondere für die Beseitigung der Färbung, des Geruches und Geschmackes des zur Infiltration dienenden Wassers auf die Wichtigkeit des langen Verweilens des Wassers im Untergrunde bei dem stark verunreinigten Mainwasser aufmerksam gemacht[1]).

Leider lassen in unserem Falle bei den großen Wassermassen die sonst so trefflichen Färbeversuche mit Fluorescin keinen befriedigenden Aufschluß erhoffen. Die Geschwindigkeit des Grundwasserstromes etwa aus der Beschaffenheit des Stauschotters zu berechnen oder zu schätzen, ist ebenfalls unmöglich, da nichts über den Aufbau der Schottermassen, ihre Poren- oder Körnergröße bekannt ist. Man darf nur annehmen, daß der Untergrund nicht einheitlich ist, sondern daß Schichten aus feinem Sande und Lehm, die das Niederwasser absetzte, und Schichten aus grobem Gerölle, herangeschafft durch Hochwässer, abwechseln werden. Quantitative Angaben sind jedoch nicht vorhanden. Auch die Wegstrecke der durchlaufenen Schotterschichte kann nicht einmal annähernd angegeben werden, da das Wasser sicher an vielen weit voneinander abliegenden Stellen in den Bachboden einsinken dürfte. Für einen Teil des Wassers ist ein langes Verweilen im Untergrunde und eine beträchtliche Wegstrecke des durchflossenen Untergrundes wahrscheinlich. Es sei daran erinnert,

1) Scheelhase, Beitrag zur Frage der Erzeugung künstlichen Grundwassers. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung LIV, S. 665.

daß, wie auch das Längenprofil S. 222 zeigt, die Cantanghelsperre nach den Angaben Weber v. Ebenhofs[1]) nicht auf Fels fundiert ist. Es kann demnach unter ihr Grundwasser des großen Schotterbeckens von Civezzano-Pergine durchtreten, da nach den Angaben des geologischen Gutachtens die von der Cantanghelsperre aufgehäuften Schuttmassen unmittelbar mit der Ausfüllung des Perginebeckens zusammenhängen. Für den unter der letztgenannten Sperre durchtretenden Teil des Grundwassers könnte daher ein viele Kilometer langer unterirdischer Weg angenommen werden, der auch nicht durch die durch Dohlen entwässerte Pont'altosperre unterbrochen wird.

Jedenfalls haben die gewonnenen Erfahrungen an der Pont'alto-Madruzzasperre den Nachweis erbracht, daß die großen Talsperren der Wildbachverbauung auch nach ihrer Ausfüllung durch Geschiebe einen Kulturwert darstellen: insofern sie künstliche Wasserfälle bilden, liefern sie lebendige Kraft zur Erzeugung elektrischer Energie (Elektrizitätswerk am Pont'alto); aus ihren Dohlen treten ansehnliche Wassermengen aus, von denen wir vermuten können, daß sie nicht nur in dem oben besprochenen Falle ein chemisch und bakteriologisch einwandfreies Wasser liefern. Es wäre von Wert, über die Dohlenwässer auch anderer Sperren sich durch eingehende Untersuchungen zu belehren.

1) loco citato S. 163.

Untersuchungen über Bewegung und Begeißelung der Bakterien und die Verwendbarkeit dieser Merkmale für die Systematik.

I. Teil.

Über die Veränderlichkeit von Bewegung und Begeißelung.

Von

Dr. **Jean Louis Burckhardt,**

z. Z. Vorstand der bakteriologischen Abteilung
der pathologisch-anatomischen Anstalt Basel.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Würzburg.
Vorstand: Prof. Dr. K. B. Lehmann.)

(Bei der Redaktion eingegangen am 14. April 1914.)

Einleitung.

Die vorliegenden Untersuchungen unternahm ich auf die Anregung von Herrn Prof. K. B. Lehmann hin, für welche ich ihm auch an dieser Stelle bestens danke. Sie wurden gemacht in der Zeit vom Herbst 1911 bis Frühjahr 1913 im Hygienischen Institut Würzburg und seither im Pathologisch-anatomischen Institut Basel teilweise ergänzt. Sie verfolgten den Zweck, in einem Gebiete, in welchem ziemlich widersprechende Angaben vorliegen, etwas Klarheit zu schaffen.

Die durch den Titel angegebene Frage ist allerdings nicht neu, und es war daher von vornherein zu erwarten, daß kaum absolut neue Resultate gefunden, sondern meist nur die einen oder andern älteren Angaben bestätigt würden. Doch schien es mir der Mühe wert, in einer Zeit, in der durch das Schwanken der biologischen Merkmale die ganze Systematik der Bakterien etwas ins Schwanken zu kommen droht, die Bedeutung eines morphologischen Merkmales, wie der Begeißelung, zu prüfen.

Ich darf wohl allerdings gestehen, daß ich selbst beim Beginne der Arbeit eine viel größere Veränderlichkeit zu finden gedachte, als ich später durch genaues Literaturstudium und eigene Versuche konstatieren konnte.

Dem vorliegenden ersten Teile sollen in einem weiteren Teile die Untersuchungen über die Begeißelung einzelner Bakteriengruppen, eine kleine Untersuchung über den Zusammenhang von Agglutination und Begeißelung und eine Epikrise über den Wert der Begeißelung für die Systematik folgen. Auf diesen zweiten Teil verschiebe ich auch die Angaben über die befolgte Technik für Geißelfärbung und Untersuchung der Beweglichkeit.

* * *

In den älteren und neueren Lehrbüchern der Bakteriologie finden wir über die Frage von der Konstanz resp. Variabilität der Begeißelung und Beweglichkeit sehr wenig.

M i g u l a (1897) und Alfred F i s c h e r (2. Auflage 1903) machen keine Angaben über Variabilität und scheinen eine völlige Konstanz für selbstverständlich zu halten, da beide auf die Begeißelung einen wichtigen Teil ihrer Systematik gründen.

L e h m a n n und N e u m a n n machen schon in der 1. Auflage (1896) auf Veränderungen der Beweglichkeit aufmerksam, großenteils infolge von eigenen Beobachtungen. Ihre Angaben bespreche ich an dieser Stelle nicht, da ich später noch ausführlich darauf zurückkommen muß.

In F l ü g g e s Handbuch der Mikroorganismen (3. Auflage 1896) schreibt G o t s c h l i c h (S. 158): „Die Bildung der Geißeln ist von der normalen morphologischen Entwicklung der Bakterien unzertrennlich und erfolgt daher unter allen Umständen, die überhaupt Wachstum zulassen; hiermit sind aber noch keineswegs die notwendigen Bedingungen für die Bewegung erfüllt ....“ Er zitiert dann besonders die Untersuchungen von A. F i s c h e r, welche zeitweiliges Fehlen der Bewegung unter ungünstigen Bedingungen bei erhaltener Begeißelung ergeben hatten. K r u s e schreibt an gleicher Stelle (Bd. I, S. 489), daß nach den Unter-

suchungen von Villinger usw. die Bewegung und Begeißelung infolge von Schädigungen verschwinden könne.

Migula bespricht in Lafars Handbuch der technischen Mykologie (1904) zunächst auch die Bedeutung äußerer Einflüsse, besonders der Temperatur, sowohl auf die Lebhaftigkeit der Bewegung wie auf ihr Vorkommen überhaupt. Er selbst fand den Bac. prodigiosus bei Zimmertemperatur meist wenig oder gar nicht beweglich, Matzuschita und Migula selbst dagegen fanden Hinderung der Bewegung durch Bruttemperatur am Bac. fluorescens. Er macht dafür Kälte- oder Wärmestarre verantwortlich.

In einem besonderen Abschnitte „Brauchbarkeit der Unterschiede in der Begeißelung als Merkmale für die Systematik" bespricht er zunächst Änderungen im Typus der Begeißelung und hält keine Angabe darüber für begründet. Beispiele für den Verlust der Begeißelung gibt er aber zu. Er selbst fand Arten beweglich, die von anderen Autoren als unbeweglich beschrieben wurden, und umgekehrt[1]), Lehmann und seine Schüler gaben mehrere Beispiele für Verlust und Annahme der Beweglichkeit. Ellis brachte für sämtliche von ihm untersuchte Kokken den Beweis, daß sie Beweglichkeit und Geißeln erlangen konnten.

Migula scheint alle diese Veränderungen nicht für Varietäten zu halten; denn er fährt fort: „Die Möglichkeit aber, daß bewegliche Arten zeitweise unbeweglich sein können, ist nie bestritten worden, und daß dieser Fall in Kulturen leider sehr häufig eintritt, habe ich wiederholt hervorgehoben. Wir kennen die Bedingungen, welche für die Beweglichkeit und Geißelbildung besonders günstig sind, noch durchaus nicht, zumal dieselben für die einzelnen Arten sicher verschieden sind. Aber am wenigsten dürfen wir erwarten, daß diese Bedingungen in unseren künstlichen Kulturen gegeben sind, die doch so sehr von den natürlichen Lebensverhältnissen der Bakterien abweichen. Es kommen eine große Menge Pflanzen in unseren Gewächshäusern nie zur Blüte, trotz üppigsten Wachstums, weil die Bedingungen für die Blüten-

1) Was wohl nicht unbedingt für Variation spricht.

bildung ungünstig sind, niemand wird ihnen aber deshalb die Fähigkeit, unter anderen Verhältnissen Blüten zu bilden, absprechen wollen ....“

Die neuesten Lehrbücher führen meist nur einige Arbeiten über Variabilität an, ohne sich ein eigenes Urteil zu erlauben. Bei ihrer Auswahl fällt auf, daß die medizinischen Lehrbücher großenteils zwischen vollständiger Unbeweglichkeit und sehr geringer Bewegung nicht unterscheiden und z. B. von Verlust der Beweglichkeit sprechen, wenn ein Autor bei einem früher gut beweglichen Bakterium zeitweise oder dauernd sehr geringe Bewegung festgestellt hat.

Gotschlich rechnet im Handbuche von Kolle und Wassermann die Begeißelung zu den am wenigsten der Variabilität unterworfenen Eigenschaften. Er zählt dann, ohne eine eigene Meinung darüber abzugeben, die folgenden Angaben über die Variabilität der Beweglichkeit auf: „Bezüglich Eigenbewegung sind zuerst individuelle Differenzen hervorzuheben, die beim Bazillus der Pseudotuberkulose der Nagetiere (Preisz) so weit gehen, daß einzelne Individuen dauernd unbeweglich, andere beweglich sind. Eine Cholerakultur ohne Eigenbewegung, aber mit normaler Geißelbildung ist von Bonhoff beobachtet. Dauernder Verlust der Eigenbewegung und der Geißelbildung ist von Villinger bei Bact. coli durch Züchtung bei 42° in karbolhaltiger Bouillon beobachtet, desgleichen von Barber als spontan auftretende Mutation. Umgekehrt fanden Zierler und K. B. Lehmann an einem (3 Jahre vorher sehr genau untersuchten) Saprophyten Annahme einer sicheren (wenn auch kümmerlichen) Eigenbewegung; nach Böttcher tritt diese neu erworbene Eigenschaft zuerst nur auf gewissen Nährböden auf. Mühlmanns berichtet über einen Ruhrbazillus, der in stark alkalischer Bouillon wiederholt, aber nur vorübergehend, stark eigenbeweglich wurde. Bei der mehrfach beschriebenen Überführung des Tuberkelbazillus in eine bewegliche Varietät (Arloing und Courmont, Král und Dubard) ist die Natur der beobachteten sog. „Eigenbewegung‘ noch als unaufgeklärt anzusehen.“

Kruse übt in seiner „Allgemeinen Mikrobiologie" etwas mehr Kritik aus. Er schreibt zunächst (S. 1135): „Mehr oder minder vollständiger Verlust der Beweglichkeit wird nach unseren eigenen Erfahrungen gar nicht selten an Laboratoriumskulturen, z. B. von Typhus, Cholera, beobachtet." Er berichtet dann über die Angabe von Lehmann und Neumann, betreffend unbewegliche Stämme des Micrococcus agilis und der Sarcina mobilis, von Stephens über einen Typhusstamm, von Villinger und Barber über Kolistämme und von Bonhoff über einen Choleravibrio. Kruse faßt zusammen, daß es sich dabei teils um Abänderungen handelt, die im Laufe der künstlichen Züchtung in alten Kulturen aufgetreten sind, teils um Entartungsformen, teils um Rassen, die durch mikroskopische Auslese gewonnen wurden.

Von Arbeiten, welche das Auftreten der Beweglichkeit zum Gegenstande haben, nennt er diejenigen von Lehmann und seinen Schülern über den Bacillus implexus und nimmt als wahrscheinlich an, daß es sich um einen Rückschlag in ein früheres, ebenfalls bewegliches Stadium handle. Weiter zitiert er die Arbeit von Mühlmann über einen Dysenteriestamm, der vorübergehend eine „typhusartige Beweglichkeit" gezeigt haben soll. Die „sog. Beweglichkeit" der homogenen Tuberkelbazillen von Arloing und Courmont hält er mit C. Fränkel für Molekularbewegung. An die auffallende Behauptung von A. Meyer und Ellis, daß alle Kokken und Bakterien mit Geißeln ausgestattet und beweglich seien, kann Kruse „vorläufig noch nicht glauben".

Über die Begeißelung schreibt er weiter: „Ob die Zahl und namentlich die Anordnung der Geißeln ebenfalls erheblichen Abänderungen unterliegt in dem Sinne, daß ein Übergang vom monotrichen zum lophotrichen oder peritrichen Typus und umgekehrt möglich wäre, ist noch nicht ausgemacht. Im allgemeinen scheint es sich hier um recht beständige Charaktere zu handeln."

Im ganzen zählt also Kruse ziemlich viele Veränderungen der Beweglichkeit auf und hält nur den Typus der Begeißelung für ein recht konstantes Merkmal.

Einen ganz anderen Standpunkt nimmt das botanische Lehrbuch „Bau und Leben der Bakterien“ von Benecke ein.

Benecke unterscheidet zunächst vorübergehende Veränderungen, also solche, die in die Variationsbreite einer Art fallen, wie die Tatsache, daß ein Bakterium unter gewissen Umständen einmal größer, länger oder kürzer ist als unter anderen — besonders unter seinen gewohnten — Bedingungen. Er beschreibt, daß einzelne Bakterien, wie der Bacillus Brandenburgiensis, z. B. auf sauren Nährböden mit Vorliebe Fäden bilden, auf andern dagegen nicht, und fährt fort (l. c. S. 216): „So hat denn, wie wir sagen können, jede Art ihren Variabilitätskreis, der größer oder kleiner sein kann. Auch die Beweglichkeit, mit andern Worten die Geißeltätigkeit, ist von den Zuchtbedingungen abhängig, häufig durch dieselben Bedingungen, welche Zellfadenbildung auslösen, zu beeinträchtigen. So u. a. beim eben genannten Bacillus Brandenburgiensis. Die Anheftungsweise der Geißeln aber dürfte bei ein und derselben Art (reine Linie) konstant sein. Nur für bewegliche Kokken wird behauptet, daß sie bald monotrich, bald peritrich sein können; doch ist das noch näher zu untersuchen.“ Diese Veränderungen haben also für den Systematiker nichts „Beunruhigendes“ an sich. „Schwerwiegender ist es schon, daß Veränderungen, die unter dem Druck bestimmter Außenbedingungen angenommen wurden, vielfach erst längere Zeit, nachdem die Wirkung dieser Faktoren aufgehört hat, wieder verschwinden. So gelingt es, wie eben gesagt, durch gewisse ungünstige Bedingungen, zu erreichen, daß bewegliche Formen unbeweglich werden. Züchtet man sie dann wieder unter ihren gewohnten günstigen Lebensbedingungen weiter, so kann es unter Umständen sehr lange Zeit dauern, bis die Beweglichkeit sich wieder einstellt.“

Die nach Ellis beweglich zu machenden Kokken und Sarzinen werden noch mehrfach erwähnt, und es wird zur Skepsis oder zur Nachprüfung aufgefordert.

Unter den dauernden Veränderungen, also solchen, welche entweder ohne bekannte Ursache oder infolge künstlicher Beeinflussung auftreten und nun eventuell zur Bezeichnung einer

neuen Art führen würden, gibt Benecke nur das Resultat von Barber an, welcher durch Auswahl besonders lange Koliindividuen züchtete und dabei auch eine völlig unbewegliche Rasse bekam.

Pringsheim bespricht in seiner Monographie „die Variabilität niederer Organismen“ die Veränderung der Beweglichkeit ziemlich ausführlich.

Er geht von dem Gedanken aus, daß starke Beweglichkeit immer nur Hand in Hand mit günstigen Lebensbedingungen gehe, und daß einzelne Bakterien oder ganze Kulturen unter ungünstigen Umständen unbeweglich werden können. Die Unbeweglichkeit einzelner Individuen, wie sie z. B. Preisz beschrieb, hat also für die Frage nach Variabilität gar keine Bedeutung, aber auch die temporäre Unbeweglichkeit ganzer Kulturen, wie sie Migula, Matzuschita und Mironesco beobachteten, fällt noch ins Gebiet der natürlichen Variationsbreite. Der Verlust der Beweglichkeit einer Spezies, wie ihn Migula, Graßberger, Böttcher, Villinger beschrieben, ist als eine Degenerationserscheinung zu deuten, „die sich, so weit bekannt, nur unter den ungünstigen Lebensbedingungen erhielt“.

Die Angaben über Neuerwerbung der Beweglichkeit (Lehmann und Schüler sowie Ellis) hält Pringsheim für wenig verläßlich, nicht weil er an der Beobachtung zweifelt, sondern weil nicht bewiesen werden kann, ob die Bewegung nicht früher schon vorhanden war.

„Die Beweglichkeit erscheint uns deshalb vorläufig als eine Eigenschaft, die latent werden kann, deren Neuerwerbung wir fürs erste aber nicht als bewiesen hinstellen können.“

Artur Meyer endlich erwähnt in seiner Monographie „Die Zelle der Bakterien“ (1912) unter anderm die Angaben von Ellis, Migula und Lehmann und Fried und fährt dann fort:

„Wir sehen also, daß die Frage, ob es Zellen der Bakterien (außer den Sporen) gibt, welche niemals Geißeln entwickeln, noch einer genaueren Untersuchung bedarf, daß es aber doch unter

Umständen so scheint, als könnten Zellen begeißelter Spezies sich ohne Geißelbildung fortgesetzt vermehren. Ganz im allgemeinen muß man übrigens Angaben über Geißellosigkeit von Oidien mit Mißtrauen aufnehmen, weil es sicher ist, daß die Färbung der Geißeln nach den verschiedensten Methoden manchmal bei einer Spezies aus nicht zu erkennenden Gründen nicht gelingt, während sie ja meist leicht zu erreichen ist."

Die Resultate von Ellis werden mit einer gewissen Vorsicht zitiert, indem Meyer schreibt: „Nach den Resultaten, welche Ellis erhielt, könnte man wohl geneigt sein, anzunehmen, daß alle von uns zu den Bakterien gestellten Spezies der Geißelbildung fähig wären, aber ich wage diese Annahme, wenigstens für die Spezies der Gattung Bacillus, noch nicht zu machen, da man doch zu viele vergebliche Anstrengungen gemacht hat, die Geißeln bei Bacillus anthracis nachzuweisen, so daß man fast meinen sollte, diese Spezies habe die Fähigkeit verloren, Geißeln zu bilden." Im Zusammenhange werden die Pseudogeißeln des Bac. anthracis von Hinterberger erwähnt.

Wie man sieht, geht Meyer also von der Ansicht aus, daß sämtliche Bakterien begeißelt sind oder eventuell nur die Begeißelung verloren haben.

Auch in Originalabhandlungen finden wir dieses Gebiet nicht sehr häufig bearbeitet, und die meisten Arbeiten geben uns nicht mit der wünschenswerten Sicherheit Aufschluß über die meiner Ansicht nach wichtigste Frage, nämlich ob es sich bei den etwa gefundenen Veränderungen um temporäre oder um dauernde handle.

Beschäftigen wir uns zunächst mit den Arbeiten, welche einen Verlust der Beweglichkeit zum Gegenstande haben, so müssen wir streng zwischen einem vorübergehenden Aufhören der Bewegung oder auch einem zeitweisen Fehlen der Begeißelung einerseits und einem dauernden Verschwinden dieser Eigenschaft anderseits unterscheiden. Wenn Kruse unter dem Kapitel „Veränderlichkeit der Kleinlebewesen" anführt, daß nach seinen Erfahrungen „mehr oder minder vollständiger" Verlust der Beweglichkeit an Laboratoriumskulturen, z. B. von Typhus und Cholera, nicht selten sei, oder wenn andere Autoren zeitweilig

unter ungünstigen Verhältnissen ein Fehlen der Bewegung und Begeißelung, beim Zurückbringen unter normale Bedingungen aber ein fast sofortiges Wiedererscheinen feststellen konnten, so sind diese Befunde sehr bemerkenswert, haben aber natürlich mit Variabilität nichts zu tun.

Die erste experimentelle Arbeit, welche ein zeitweiliges Verschwinden der Beweglichkeit feststellte, stammt von Villinger (1894).

Villinger wollte die Angaben französischer Autoren nachprüfen, welche behauptet hatten, man könne das Bacterium Coli in ein Bacterium typhi umwandeln, da es unter dem Einflusse verschiedener Schädigungen die Fähigkeit der Zuckervergärung, Indolbildung usw. verliere. (Rodet und Roux[1]) wollten dabei auch eine Verstärkung der Beweglichkeit gefunden haben, die an die Geschwindigkeit des Bacterium typhi erinnerte.) Villinger hielt zu diesem Zwecke ein bewegliches Bacterium coli mehrere Wochen in Bouillon mit Phenol bei 42° und erzielte dadurch eine Form, die sich durch geringe Wachstumsfähigkeit, Kürze der Einzelindividuen, Kettenbildung, Fehlen der Indolbildung und „minimale" Bewegung auszeichnete. Geißelfärbung gelang nicht. In einem zweiten Versuche wurde das Bacterium coli durch einmaliges kurzdauerndes Erhitzen auf 65° geschädigt und zeigte wenig bewegliche oder „fast unbewegliche" Stäbchen, außerdem starke Verminderung des Wachstums. Geißelfärbung gelang nach einigen Überimpfungen auf gewöhnlichen Agar. Ein 15 Minuten lang auf 70° erhitzter Stamm zeigte in Bouillon makroskopisch kein Wachstum, mikroskopisch „sehr spärliche kleinste, ganz unbewegliche Bakterien". Auf Milch, Zuckeragar, Agar und Gelatine zeigte derselbe Stamm kein Wachstum. Die nächstliegende Annahme ist also wohl, daß die unbeweglichen Stäbchen in der Bouillon tot waren. Über Weiterimpfung wird nichts berichtet.

In den beiden ersten Versuchen fand Villinger eine sehr schnelle Erholung, sowohl in bezug auf Beweglichkeit wie auf Wachstumsfähigkeit und Indolbildung; doch konnte er durch

1) An der vom V. zitierten Stelle kann ich diese Angabe nicht finden; für die ganze Frage scheint sie mir irrelevant.

Auslese der schwächsten Kolonien auf Platten Stämme erhalten, die sich nicht mehr erholten, also auch keine Bewegung mehr zeigten. Wie lange diese Stämme lebensfähig waren und wie lange der Versuch überhaupt fortgeführt wurde, wird leider nicht angegeben.

Villinger selbst schließt aus dem Ausfalle seiner Versuche nicht auf eine Variabilität, sondern spricht wohl mit Recht einfach von einer Verkümmerung mit „äußerst langsam wachsenden, bewegungslosen, verkrüppelten Gestalten". Als sicheres Beispiel dafür, daß ein beweglicher Stamm dauernd unbeweglich wurde, kann man diese Untersuchungen wohl nicht ansehen, und ich möchte die Arbeit daher zu denjenigen zählen, welche einen vorübergehenden Verlust der Beweglichkeit und Begeißelung unter ungünstigen Umständen beweisen.

Ein Jahr später folgte die Arbeit von Alfred Fischer, als bisher größte experimentelle Untersuchung über die Veränderung der Bewegung und Begeißelung unter ungünstigen Bedingungen.

Fischer arbeitete meist mit Bacillus subtilis in der Art, daß er Sporen in das zu prüfende Substrat brachte, den Eintritt, die Intensität und oft auch die Dauer der Bewegung beobachtete und zu verschiedenen Zeiten Geißelpräparate anfertigte. Nachdem der Ablauf der Entwicklung bis zur neuen Sporenbildung in Heuinfus und verschiedenen andern günstigen Nährlösungen festgestellt war, untersuchte er zunächst den Einfluß von Substraten mit sehr geringem Nährwert. Er fand z. B. in einer Lösung, die nur 0,5% salpetersaures Ammonium und 2% Glyzerin enthielt, sowie in ähnlichen Nährböden sehr geringe Bewegung. Die Geißelbildung war nie vollkommen unterdrückt, zuweilen fanden sich auch viele Geißeln. Allerdings waren in einzelnen Präparaten keine Geißeln nachweisbar, doch führt Fischer dies auf eine Schwächung der Bakterien und Geißeln zurück, die ein leichteres Verquellen der letzteren verursachte. Aus der erhaltenen Begeißelung bei fehlender Beweglichkeit folgert Fischer auf eine „Hungerstarre", und er konnte z. B. zeigen, daß auf Zusatz von Asparagin in solchen Kulturen eine all-

gemeine lebhafte Bewegung schon nach $^5/_4$ Stunden eintrat. Langdauernde Versuche zur Erzielung unbeweglicher Rassen wurden nicht gemacht.

Weitere Versuche wurden mit verschiedenen konzentrierten Salzlösungen (Ammoniumchlorid, Kaliumnitrat, Kochsalz usw.) angestellt. Besonders ausführlich sind diejenigen mit Ammoniumchlorid wiedergegeben. Von zahlreichen Kulturen in Heuinfus mit Zusatz von 4% NH_4Cl zeigte etwa die Hälfte am ersten Tage keine Beweglichkeit, doch bestanden überall Geißeln, manchmal nur vereinzelte, manchmal viele abgeworfene, manchmal ein regelmäßiger Besatz. Im Infus mit 6% NH_4Cl war die Bewegung völlig unterdrückt, die Begeißelung aber nicht; bei 8% hörte jede Entwicklung auf. Bemerkenswert ist, daß in vielen Versuchen am ersten Tage vollkommene oder fast vollkommene Ruhe herrschte, und doch waren die Geißeln „wundervoll entwickelt". Später trat dann zum Teil Bewegung ein. — Ähnlich waren die Resultate mit den andern Salzen. Die Konzentration, welche die Bewegung vollständig unterdrückte, lag immer sehr nahe an der Grenze für absolute Wachstumshemmung und fiel sogar bei Chlorkalium damit zusammen. Eine Angabe über die Begeißelung findet sich nicht immer, doch ist kein Beispiel für völliges Fehlen derselben angeführt. Die meisten Versuche scheinen nur mit einer Generation gemacht zu sein; doch wurde in 4 proz. NH_4Cl eine unbewegliche Kultur zehnmal weiter gezüchtet, mit dem Erfolge, daß die erste Generation fast keine Geißeln hatte, später fanden sich reichliche Geißeln, die zehnte Generation war beweglich. In jedem Falle erschien die Beweglichkeit wieder, wenn die unter ungünstigen Verhältnissen gebildeten Sporen in ein gewöhnliches Infus zurückgebracht wurden, wenn auch solche Kulturen bis zum Eintritte der Bewegung länger brauchten als andere.

In einer dritten Reihe wurde der Einfluß giftiger Zusätze geprüft. 23 zum Teil nicht angegebene Stoffe (Milchsäure, Karbolsäure, Kupfervitriol, Pikrinsäure usw.) ließen nie Unterdrückung der Begeißelung erzielen, wohl aber eine Hemmung der Bewegung; auch hier ging allerdings die Bewegung bei einzelnen Stoffen, wie z. B. Milchsäure, bis zur Grenze der Ent-

wicklungshemmung. Längere Versuchsreihen wurden hier nicht gemacht.

Als Resultat der Untersuchungen nimmt Fischer an, daß die Geißeln ein integrierender Bestandteil des Bakterienkörpers seien, den es nicht gelingt, zu unterdrücken, auch bei anhaltender Unbeweglichkeit oder, wie er es nennt, „Geißelstarre", „Hungerstarre", „Giftstarre" usw. Eine Ausnahme machen zum Teil die Involutions- und Altersformen, wie z. B. die sporentragenden Stäbchen. Für Resultate, welche dem widersprechen, macht er hauptsächlich die oft „krankhaft gesteigerte" Empfindlichkeit der Geißeln geschädigter Bakterien verantwortlich, so daß die Geißeln bei der Präparation verquellen.

Zu diesen Schlüssen ist zunächst zu bemerken, daß die Dauer der Versuche wohl zu kurz war, um so weitgehende Folgerungen zu erlauben. Meist wurde nur eine Generation geschädigter Bakterien untersucht, anscheinend nur einmal zehn Generationen. In bezug auf die Meinung hinsichtlich der Starre und Verquellung kann man verschiedener Ansicht sein, doch muß man Fischer jedenfalls im Hauptpunkte recht geben, nämlich daß ein positiver Geißelbefund, namentlich bei geschädigten Bakterien, viel mehr bedeutet als ein oder mehrere negative.

Gleichzeitig berichtet Ferrier über ähnliche Versuche mit Bact. coli und typhi, bei denen er allerdings hauptsächlich nur die Zahl der Geißeln berücksichtigt. Bei einem Kolistamm fand er normalerweise 1 bis 3, seltener 5 bis 6 Geißeln, bei 44° aber fast keine und bei 46° keine Geißeln. Durch Zusatz von Phenol und Kaliumbichromat zum Nährmedium erhielt er lange Individuen und Fäden mit seltenen Geißeln. Auch ein Typhusstamm zeigte nach Zusatz von Antisepticis fast keine Geißeln, trotz Wachstums. Ein Stamm von Hogcholera, der sonst 4 bis 7 Geißeln hatte, zeigte nach Tierpassage weniger Geißeln.

Ferrier will daraus den Schluß ziehen, daß eine Differenzierung nach der Zahl der Geißeln kaum möglich ist.

Aus demselben Jahre (1895) stammt die Mitteilung von Stephens.

Nach dem Referat in Baumgartens Jahresberichten fand Stephens, „daß in einem alten Laboratoriumsstamme von Bac. typhi die Bazillen nichtbeweglich waren und daß sich durch Färbung keine Geißeln nachweisen ließen. Nach einer Passage durch ein Meerschweinchen waren die Bakterien beweglich, und die Geißeln waren leicht zu sehen". Aus dem Referat läßt sich nicht ersehen, in welcher Weise die Unbeweglichkeit konstatiert wurde, und ob durch einfachere Methoden, z. B. häufige Überimpfung, die Bewegung nicht auch wieder hätte gefunden werden können. Jedenfalls handelt es sich nicht um eine dauernde Unbeweglichkeit.

Die weiteren Mitteilungen über den Verlust der Beweglichkeit verdanken wir meist zufäligen Befunden an alten Laboratoriumsstämmen. Auch hier handelt es sich mehrmals nicht um vollständige und dauernde Unbeweglichkeit, sondern nur um verlangsamte Bewegung oder kürzere Perioden von Unbeweglichkeit.

Als erste Mitteilung über vollständigen resp. dauernden Verlust der Bewegung ist die Angabe von Lehmann und Neumann (1896) über den Micrococcus agilis (Ali-Cohen) und die Sarcina mobilis (Maurea) zu nennen.

Über den M. agilis schreiben Lehmann und Neumann (1. Auflage 1896, S. 50): „Wir haben bei M. agilis Ali-Cohen in zwei verschiedenen, aus guter Quelle bezogenen Kulturen nie Eigenbewegung oder Geißeln gesehen und die Überzeugung gewonnen, daß die gleiche Art mit und ohne Geißeln auftreten kann", und an anderer Stelle (l. c. S. 178) berichten sie, daß sowohl ein von Prof. Zimmermann (Chemnitz) isolierter als ein aus dem Hygienischen Institut Berlin bezogener Stamm „trotz aller Bemühungen, Züchtungen auf 5% schrägem Milchzuckeragar, auf Zuckerheudekokt, Bouillon usw., Verwendung hoher und niederer Temperaturen, junger und alter Kulturen usf." weder Bewegung noch Geißeln zeigten.

Daß dieser Befund von völliger Unbeweglichkeit richtig ist, verbürgen wiederholte Nachuntersuchungen am Stamme von Prof. Zimmermann; so berichtet Lehmanns Schüler Fried (1902), daß er nach dem Vorgange von Migula ver-

sucht habe, diesen Stamm durch häufige Übertragung auf günstige Nährböden wieder beweglich zu machen, aber ohne Erfolg[1]). In der dritten Auflage (1904) schreiben dann Lehmann und Neumann wieder, daß sie auf die Angaben von Ellis über die Beweglichkeit der Sarcinen hin neue Versuche angestellt und wieder keine Bewegung erhalten hätten. Über meine eigenen, negativ verlaufenen Versuche, den Stamm wieder beweglich zu machen, wird weiter unten (Versuch 2a) berichtet.

Daß dieser „M. agilis" also im Hygienischen Institut Würzburg von Anfang bis zu Ende unbeweglich war, ist sicher; man darf aber wohl mit einigem Rechte die Frage aufstellen, ob der Stamm früher sicher Bewegung hatte. Im ältesten im Institute vorhandenen Protokolle findet sich die Angabe „lebhafte Molekularbewegung", und es wäre jedenfalls nicht ganz ausgeschlossen, daß er früher aus diesem Grunde von Prof. Zimmermann als M. agilis angesehen worden wäre. Auch die Bezeichnung des Hygienischen Institutes Berlin als M. agilis Ali-Cohen bürgt wohl nicht mit Sicherheit dafür, daß es sich wirklich um den Stamm handelt, den dieser Autor sowie Migula u. A., in den Händen hatten und bei dem sichere Geißeln nachgewiesen wurden. Es lag damals jedenfalls sehr nahe, jeden rosafarbenen Mikrokokkus mit starker Molekularbewegung als M. agilis Ali-Çohen zu bezeichnen. Natürlich will ich mir, wie aus dem folgenden hervorgeht, mit dieser Bemerkung kein Urteil über die Möglichkeit des Beweglichkeitsverlustes erlauben, sondern nur auf die Tatsache hinweisen, daß die Identität dieses Stammes mit den zweifellos beweglichen Stämmen von Ali-Cohen nicht festgestellt — übrigens von Lehmann und Neumann auch nie behauptet — ist.

Auch von der Sarcina mobilis Maurea konnten Lehmann und Neumann keine Beweglichkeit oder Begeißelung feststellen. Sie schreiben darüber (l. c. S. 144): „Die von Král unserem Institut übersandte Abimpfung einer Originalkultur ähnelt außerordentlich . . . unserer Sarc. equi . . . Niemals konnten wir die von Maurea beschriebene Eigenbewegung sehen, niemals Geißeln färben. Unsere Art scheint die Gei-

1) Dasselbe Resultat wird auch von Lehmann und Fried angegeben.

ßelbildung eingebüßt zu haben. Auch diese Art wurde später von Fried mit den gleichen Resultaten untersucht, und ich selbst fand den Stamm ebenfalls unbeweglich. — Daß der Stamm Maureas beweglich war, darüber besteht kein Zweifel. Auch Migula schreibt, daß er daran Geißeln färben konnte. Man kann hier also mit der größtmöglichen Sicherheit behaupten, daß der Stamm im Králschen Laboratorium die Beweglichkeit eingebüßt hat, denn der Stamm hatte noch die übrigen von Maurea beschriebenen Eigenschaften. Mit absoluter Gewißheit kann ja ein Irrtum oder eine Verunreinigung in solchen Fällen nie ausgeschlossen werden.

Dieselbe Beobachtung wurde zu gleicher Zeit am Micrococcus citreus agilis (Menge) gemacht. Auch hier handelt es sich um eine Originalkultur von Král, die in den Händen Anderer sichere Bewegung und Begeißelung gezeigt hatte; es ist also wohl ebenfalls ein einwandfreier Fall von vollständigem Verluste der Beweglichkeit. Daß der Verlust andauert, konnte ich selbst (Versuch 2 b) sehen.

Einige Jahre nach Lehmann und Neumann berichtet Migula (1900) über Micrococcus agilis folgendes (l. c. Bd. 2, S. 275):

„Die Beweglichkeit ist bei den schon lange auf künstlichen Nährböden gezüchteten Kulturen — die wahrscheinlich alle von der Originalkultur Ali-Cohens stammen — meist eine geringe, oft findet man kaum noch bewegliche Zellen. Dies ändert sich aber, wenn die Kultur oft abgeimpft wird, namentlich in passende flüssige Nährböden (Krautabkochung, Kartoffelsaft usw.) oder auf Zettnowsches Spirillenagar. Die Beweglichkeit wird dann in der Regel bald eine lebhaftere und steigert sich immer mehr."

Diese Beobachtung von Migula spricht also zunächst nur von vorübergehender und mehr oder weniger unvollständiger Einbuße der Beweglichkeit, doch gibt er auch Angaben über vollständigen und dauernden Verlust. Er schreibt nämlich (l. c. Bd. 2, S. 269) über die Planokokken:

„Die meisten Arten sind ebenso wie bei Planosarcina nur unter bestimmten, noch nicht einmal vollständig bekannten Verhältnissen beweglich. Nur so viel läßt sich bereits jetzt feststellen, daß flüssige Nährböden und nicht zu hohe Temperatur die Beweglichkeit begünstigen, hohe Temperatur und feste Nährböden sie beeinträchtigen. Alle frisch isolierten Planokokken zeigen lebhafte Beweglichkeit, verlieren sie aber in Kulturen bald, als Zeichen dafür, daß sie auf unsern künstlichen Nährböden bald degenerieren, weil sie auf ihnen ihre natürlichen Lebensbedingungen nicht finden können. Deshalb aber zwei Arten identifizieren zu wollen, von denen die eine unter normalen Verhältnissen charakteristische Bewegungsorgane besitzt, die der andern fehlen, hieße jeden Fortschritt in der Bakteriensystematik, der nur durch möglichste Wertschätzung morphologischer Merkmale erreicht werden kann, einfach unterdrücken."

Obgleich Migula keine Einzelheiten, weder über die Namen der untersuchten Stämme noch über die Dauer der Beobachtung gibt, müssen wir seine Angabe wohl zu denen zählen, welche dauernden Verlust der Beweglichkeit einwandfrei konstatieren.

Eine neue Beobachtung publiziert dann Mironesco (1899).

Mironesco beschreibt ein aus Milch isoliertes, „absolut typhusähnliches Stäbchen", das bei 23° Beweglichkeit und Begeißelung zeigte; bei 38° dagegen bestand keine Bewegung, und Geißeln konnten nicht nachgewiesen werden. Auf gewöhnlichen Nährböden fand sich keine Beeinträchtigung des Bakteriums bei dieser Temperatur, im Gegenteil erschien das Wachstum eher besser. Nur in eiweißfreier Nährlösung war das Wachstum bei 38° gehindert, und die Bakterien zeigten auch eine gewisse Zelldegeneration. Stäbchen der unbeweglichen Kulturen wurden bei Zimmertemperatur im hängenden Tropfen innerhalb vier Stunden beweglich, bewegliche Stäbchen bei 38° in 5 bis 8 Stunden unbeweglich. Eine andauernde Züchtung bei Bruttemperatur, um etwa einen konstant unbeweglichen Stamm zu erhalten, wurde nicht vorgenommen.

Während bei den bisherigen experimentellen Arbeiten die Unbeweglichkeit immer mit Wachstumshemmung, Verkümmerung

usw. einherging, sehen wir also hier die Tatsache verzeichnet, daß ein Bakterium als einzige Reaktion auf eine Temperaturerhöhung die Bewegung einstellt. Sehr merkwürdig ist, daß dann auch die Begeißelung fehlte, besonders da die Stäbchen schon nach so kurzer Zeit im hängenden Tropfen Bewegung annahmen. Mironesco bedauert selbst, daß er nicht habe feststellen können, ob dies dieselben vorher unbeweglichen Stäbchen seien, oder ob etwa bei Zimmertemperatur eine junge bewegliche Generation heranwächst.

Völlig ähnliche Verhältnisse fanden Kossel und Overbeck (1902) beim Bacterium pseudotuberculosis rodentium.

Sie schreiben in einer Arbeit über die Differentialdiagnose des Pestbazillus: „In Bestätigung der Angaben von Mironesco konnten wir feststellen, daß z. B. drei Stämme von Pseudotuberkulosebazillen .... beweglich waren, wenn die Kulturen bei Zimmertemperatur gezüchtet wurden, während die bei 37⁰ gehaltenen Kulturen keine deutlich beweglichen Stäbchen erkennen ließen. Die Pestbazillen dagegen zeigten, sowohl bei 30⁰ als auch bei Zimmertemperatur und im Eisschrank bei 8⁰ gezüchtet, zwar auffallend starke Molekularbewegung, aber keine wahre Beweglichkeit."

Schon früher waren Stämme des Bact. pseudotuberculosis von Nocart u. a. als beweglich beschrieben worden; Preisz gab dann an, daß er auch bei dem von Pfeiffer als unbeweglich beschriebenen Stamme einzelne bewegliche Stäbchen neben unbeweglichen Fäden gefunden habe. Die Angabe von Preisz ist allerdings so gehalten, daß Delbanco in einer zusammenfassenden Arbeit findet, sie spreche eher für Molekularbewegung als für wirkliche Beweglichkeit. Auf den Einfluß von Pfeiffer und Delbanco ist es wohl zurückzuführen, daß das Bakterium in den Lehrbüchern als unbeweglich gilt. Geißeln sind anscheinend noch nie gefärbt worden. Ich möchte daher gleich hier anführen, daß ich (Versuch 14) die Angaben von Kossel und Overbeck vollständig bestätigen und durch Geißelfärbung erweitern konnte.

1902 berichten Nicolle und Trenel in einer Arbeit über die Agglutination und ihren Zusammenhang mit der Be-

geißelung resp. Beweglichkeit der Bakterien über Versuche, das Bact. typhi durch Kultur bei 42° unbeweglich und inagglutinabel zu machen. Vollständige Unbeweglichkeit konnte experimentell in ziemlich vielen Generationen nicht erzielt werden, nur stark geschädigte Bewegung, und die Bakterien nahmen beim Zurückbringen in normale Verhältnisse sofort die alte Beweglichkeit wieder an.

Außerdem beobachteten diese Autoren aber einen Stamm, von dem sie angeben, daß er bei 18° bis 20° beweglich, bei 25° bis 36° unbeweglich war. Es handelt sich um ein „typhusartiges" Bakterium, das aus Cholezystitiseiter eines künstlich mit Typhus infizierten Meerschweinchens isoliert wurde. Der Stamm war nun zunächst bei 25° bis 36° gehalten worden und zeigte sich dort konstant, d. h. in vielen aufeinanderfolgenden Generationen unbeweglich. Bei 18° bis 20° wurde er nach und nach gut beweglich. Die Prüfung durch biologische Reaktionen ergab folgende Verhältnisse. Typhusserum agglutinierte weder den beweglichen noch den unbeweglichen Stamm. Mit dem beweglichen Stamme wurden Immunsera hergestellt, die ihn selbst stark, den unbeweglichen und auch das Bact. typhi nicht oder fast nicht agglutinierten. Die mit dem unbeweglichen Stamme hergestellten Sera agglutinierten diesen nicht und ebensowenig den beweglichen oder das Bact. typhi.

Die Autoren schließen daraus auf eine Bestätigung ihrer Annahme, daß die Agglutininbildung ebenso wie die Fähigkeit, agglutiniert zu werden, von der Beweglichkeit abhängig seien. Ich vermisse aber Kontrollversuche, ob der bewegliche Stamm bei höherer Temperatur auch wieder unbeweglich wurde, und ob sich das Phänomen des Beweglichwerdens wiederholen ließ. Nach der gesamten Sachlage und besonders wegen der Tatsache, daß keiner der Stämme den andern agglutinierte, wäre doch sehr an eine Verunreinigung oder einen Irrtum zu denken. Wir kennen ja aus den modernen Mutationsversuchen ähnliche Fälle, in denen Abkömmlinge eines Stammes inagglutinabel wurden; dabei haben sie aber doch noch die Fähigkeit erhalten, ein für den Originalstamm wirksames Agglutinin zu bilden. Ich möchte mich also nicht getrauen, aus diesem Falle irgendwelche Schlüsse zu ziehen. (Wenn

allerdings die weiter unten angeführten, von Bernhardt und Ornstein angegebenen Mutationsvorgänge sich bestätigen sollten, dann haben solche Mutationsversuche in der Arbeit von Nicolle und Trenel einen wohl wenig beachteten Vorläufer gehabt.)

Später beschreibt Graßberger (1903 und 1905) beim Rauschbrandbazillus ein Verschwinden der Begeißelung.

Graßberger beobachtete bekanntlich beim Rauschbrandbazillus sehr auffallende Degenerationserscheinungen. Einerseits besteht der typische, lange, bewegliche und sporenbildende und meist granulosefreie Rauschbrandbazillus, anderseits der denaturierte kurze Typus, der reichlich Granulose einlagert, oft keine Sporen mehr bildet und sich nicht mehr bewegt. Daß sich im unbeweglichen Zustande keine Geißeln mehr färben lassen, wurde ebenfalls nachgewiesen. Eine Ursache der Degeneration oder Denaturierung mag nach Graßberger die Züchtung auf Zuckeragar bilden; doch kommt der Verlust der Sporenbildung und Begeißelung auch unter gänzlich unbekannten Umständen und oft ganz plötzlich vor (Arch. f. Hyg. Bd. 53, S. 166). Der denaturierte Typus kann entweder zurückgehen oder andauern: dieser Zustand wird vererbt und unter Umständen zähe festgehalten.

Den Angaben Graßbergers zufolge haben wir also eine zweifellose Beobachtung des Verlustes der Beweglichkeit und Begeißelung auf künstlichen Nährböden vor uns. Daß wir diesen Verlust als Schädigung des Stäbchens, hervorgerufen durch ungewohnte Bedingungen, ansehen müssen, ist bei dem gleichzeitigen Verluste der Sporenbildung und den übrigen Degenerationserscheinungen wohl klar. Dem steht entgegen, daß Hibler den ganzen „denaturierten Typus“ für eine Verunreinigung erklärt, und daß dem, soviel mir bekannt, noch keine neuen Untersuchungen entgegenstehen.

Nach Kruse erzielte Barber (1907) durch Selektion eine unbewegliche Kolirasse.

Die Arbeit von Barber ist mir leider nicht im Original zugänglich, und mein Urteil kann sich nur nach dem allerdings

sehr ausführlichen Referat von Pringsheim im Zentralblatt für Bakteriologie richten. Danach war Barber bestrebt, durch Selektion einzelner Zellen von Bact. Coli eine besonders lange Rasse zu züchten. Dies gelang ihm nach 50 Isolierungen. „Im allgemeinen zeigten die Mutanten eine Tendenz verminderter Wachstumsgeschwindigkeit, die aber nach anfänglicher Entwicklung wieder verschwindet. Eine neue Rasse zeichnete sich durch fast völlig konstanten Verlust der Beweglichkeit aus, eine andere vergärte Zucker in verstärktem Maße und war durch einen teilweisen Verlust der Empfindlichkeit gegen Agglutination ausgezeichnet. Alle drei isolierten neuen Rassen bildeten längere Filamente als die Originalkulturen. Alle die genannten Veränderungen, vor allem auch der Verlust der Beweglichkeit, der in der Kolon-Gruppe bisweilen dem Einfluß des Mediums zugeschrieben ist, traten ohne solche Gründe ganz unbeeinflußt auf und erhielten sich auch hier unter den verschiedensten Kulturbedingungen."

Wie man sieht, spricht Barber also nur von einem „fast völlig konstanten" Verluste der Beweglichkeit bei Individuen, die sich durch ihre Länge und durch Fadenbildung auszeichneten. Die Fadenbildung ist nun bei der Koligruppe, wie ich mich bei meinen unten wiedergegebenen Versuchen öfters überzeugte, ein deutliches Degenerationssymptom. Dafür spricht auch die tägliche Beobachtung, daß man in jungen, gut wachsenden Kulturen meist kurze Einzelindividuen, in alten Kulturen lange Stäbchen und Fäden sieht. Es handelt sich also wohl um eine Auswahl geschwächter Individuen, so daß auch hier eine gewisse Degeneration für den Mangel an Bewegung verantwortlich zu machen ist. Ob Geißelfärbungen angestellt wurden, ist aus dem Referate nicht ersichtlich. — Zu den Arbeiten, welche eine völlige Unbeweglichkeit eines vorher gut beweglichen Stammes feststellten, möchte ich diejenige von Barber jedenfalls nicht rechnen, denn zwischen Unbeweglichkeit und fast völlig konstantem Verluste der Beweglichkeit ist noch ein großer Unterschied.

Zu den Angaben über zeitweise Unbeweglichkeit gehört noch diejenige von Heim.

Heim berichtet in seinem Lehrbuche der Bakteriologie, daß das Bact. Coli nach seiner Isolierung aus Stuhl auf Gelatineplatten oft zunächst unbeweglich sei, bei späterer Verpflanzung auf Agar bei 35⁰ dagegen beweglich werde.

Hier ließe sich zunächst an einen Einfluß des Kulturmediums oder der Temperatur denken. Man könnte vielleicht auch einwenden, daß es schwierig sei, eine sehr geringe Beweglichkeit in der Aufschwemmung der Gelatinekultur in einem Wassertropfen nachzuweisen — ich will aber gleich hier bemerken, daß ich die Angabe von dem Vorkommen temporärer Unbeweglichkeit bei frisch isolierten Kolistämmen in einem größeren Versuche bei verschiedener Temperatur bestätigt habe.

Über das Bact. typhi macht T. Ernst (1908) aus dem Laboratorium von Neißer eine ähnliche und völlig einwandfreie Angabe.

T. Ernst beschreibt einen Typhusstamm aus dem Stuhl einer Dame, die 1874 an Typhus und sehr viel später an Gallenkolik litt. 1906 wurde ein kulturell absolut typhusartiges, aber unbewegliches und nicht agglutinables Stäbchen aus dem Stuhle der Patientin isoliert. Ein mit dem Stäbchen hergestelltes Kaninchenimmunserum agglutinierte aber sowohl Typhus wie das Originalstäbchen, und zwar in gleicher Verdünnung. Der Stamm wurde täglich auf Agar übertragen und zeigte von der siebenten Passage an eine lebhafte Beweglichkeit, ließ sich nun auch von gewöhnlichem Typhusserum bis zur Titregrenze agglutinieren.

Nach 1½ Jahren wurde aus Stuhl, Urin und Erbrochenem derselben Patientin das gleiche zunächst unbewegliche und inagglutinable Typhusbakterium isoliert, von dem zwei Proben in der siebenten oder achten Generation beweglich und agglutinabel wurden.

Eine ähnliche Angabe machte später O. Fischer. Auch er fand einen Typhusstamm direkt nach der Isolierung zunächst nicht, später schlecht beweglich.

In neuester Zeit (1913) berichten Bernhardt und Ornstein über Mutationsversuche, in welchen sie unbewegliche Cholera- und Typhusstämme erhielten.

Die beiden Autoren machten Mutationsversuche, indem sie aus alten Kulturen abimpften und dann aus der neuen Generation Platten anlegten.

Sie schreiben: „Bei der Untersuchung der Morphologie der divergenten Typen konnten wir die von anderer Seite, besonders von Baerthlein, beschriebenen weitgehenden Veränderungen bestätigen, fanden aber auch hier ganz extreme Formen, nicht bloß enorme Größendifferenzen bei Vibrionen, punktförmige Choleravibrionen, Fadenbildung bei Paratyphus, subtilisähnliche Typhusbazillen, sondern kamen schließlich sowohl bei Cholera wie bei Typhus zu dauernd völlig unbeweglichen Bazillen; bei derartigen unbeweglichen Typhusbazillen vermochte auch die Geißelfärbung keine Geißeln mehr nachzuweisen.“ Mit dem gleichen Verfahren ließen sich auch serumfeste Stämme gewinnen. Ob das gerade die unbeweglichen waren, wird nicht gesagt; die Angaben sind überhaupt für ein so wichtiges Resultat etwas kurz, und es ist zu hoffen, daß sie in Bälde von dieser oder anderer Seite bestätigt resp. ergänzt werden.

Bernhardt und Ornstein geben an, daß sie die unbeweglichen Stämme längere Zeit — etwa vier Monate — beobachteten, doch wird nicht gesagt, ob dabei häufige oder spärliche Überimpfungen vorgenommen wurden, ob dabei Platten gegossen und alle Nachkommen wieder unbeweglich waren usw. Trotzdem ich also die Versuche von Bernhardt und Ornstein für sehr bemerkenswert halte und mich — nach Abschluß der eigentlichen experimentellen Arbeit — noch bemühte, sie zu bestätigen, möchte ich also doch darauf aufmerksam machen, daß eine Untersuchung nach einem Vierteljahre wohl nicht genügt, um einen Stamm als dauernd unbewegliche Varietät zu betrachten. Wichtig genug ist allerdings schon die Beobachtung, daß sich aus sonst so gut beweglichen Bakterien, wie Typhus und Cholera, Stämme gewinnen lassen, die — wenn auch nur temporär — ohne ersichtlichen Grund völlig oder fast völlig unbeweglich sind.

Über den gegenteiligen Vorgang, die Erwerbung der Beweglichkeit, wird ebenfalls von mehreren Autoren berichtet.

Zunächst sind einige Mitteilungen von K. B. Lehmann und seinen Schülern zu nennen.

Boettcher (1897) beschreibt, daß er eine Kultur des Bacillus implexus Zimmermann im Laboratorium von K. B. Lehmann bei der ersten Überimpfung auf Gelatine beweglich fand. Diese Kultur stammte von Zimmermann selbst, der sie als unbeweglich beschrieben hatte, und war von Lehmann und Neumann früher sorgfältig auf Beweglichkeit untersucht worden, schon aus dem Grunde, weil sich der Bacillus implexus nur durch die Unbeweglichkeit vom Bacillus subtilis unterschied. Die Kultur behielt die Beweglichkeit später auf allen Nährböden bei, nur auf sechs gleichzeitig angelegten Kartoffelkulturen konnte einmal (nach 30 Stunden) keine Bewegung gefunden werden. Sonst fand Boettcher sogar noch in 14 Tage alten Kulturen lebhafte Beweglichkeit, so daß der naheliegende Einwand, Boettcher habe vielleicht junge und die früheren Untersucher alte Kulturen untersucht, dahinfällt.

Wir stehen hier also vor der Tatsache, daß ein früher auf Kulturen sicher unbeweglicher Bazillus plötzlich Bewegung zeigte. Einen Grund dafür kann Boettcher nicht angeben. Mit der Überimpfung auf Gelatine hat die Annahme der Beweglichkeit wohl nichts zu tun.

Denselben Bazillus untersuchte später Zierler (1899) und fand ihn immer noch beweglich. Seine Arbeit bringt sonst für unsere Frage nichts Neues. Endlich spricht K. B. Lehmann selbst sich an mehreren Stellen (1899) über die theoretische Wichtigkeit der vorliegenden Beobachtung aus.

Aufsehen erregende Arbeiten veröffentlichte dann Ellis unter Artur Meyer in den Jahren 1902 und 1904 über das Thema der Erwerbung der Beweglichkeit, und Artur Meyer selbst machte über dieselbe Beobachtung 1902 eine vorläufige Mitteilung. Bei der Wichtigkeit dieser Angaben muß ich sie besonders genau besprechen.

Ellis beschreibt in seiner ersten Arbeit 16 verschiedene Sarcinenstämme, darunter mehrere, deren Beweglichkeit und Begeißelung bekannt ist und nicht angezweifelt werden kann (z. B.

eine Sarcina pulmonum aus dem Institute von H a u s e r und eine Sarcina mobilis M a u r e a aus dem Institute M i g u l a s). Er fand bei den meisten von ihnen die erste oder mehrere der ersten Generationen unbeweglich. Darauf verimpfte er sie in der gleichen Weise, wie dies früher M i g u l a getan hatte, in kurzen Abständen, „sobald ein sichtbares Wachstum stattgefunden hatte", auf neue Nährböden, meist Dextroseagar oder Spirillenagar, und fand nun bei allen nach wenigen (meist 2 bis 5) Übertragungen etwas Bewegung, bei vielen später eine starke Beweglichkeit. Die Bewegung wird meist als „zitternd" oder „zitternd mit einzelnen Rotationen" angegeben; später fand sich „leichter wahrnehmbare" oder „charakteristische" Bewegung. Für einige Stämme würden nun diese Beobachtungen ungefähr zu den oben wiedergegebenen Angaben von M i g u l a passen; doch beschreibt E l l i s bei allen untersuchten 16 Stämmen mehr oder weniger starke Bewegung der letzten Generationen, und er gibt an, bei allen untersuchten Stämmen Geißeln gefärbt zu haben. Von den Geißeln reproduziert er Zeichnungen, welche leider für dieses Material gar keinen Wert haben, und an welchen besonders auffällt, daß die Geißeln von E l l i s meist unendlich lange, mehr oder weniger gestreckte Fäden sind, die sich zum Teil aus einer Art von Schleimfetzen loslösen.

Danach werden fünf ebenfalls bewegliche und begeißelte Mikrokokkenstämme beschrieben, deren Bewegung meist schon in der ersten Kultur deutlich war. Weiter beschreibt E l l i s einen Streptococcus pyogenes mit Bewegung und Begeißelung: „Die Ketten besaßen schon in der Originalkultur eine schwache, zitternde Bewegung, und nach der ersten Abimpfung auf Dextroseagar und Agar ohne Dextrose war diese sehr leicht wahrzunehmen. Man bemerkte häufig, daß eine Kette die Richtung ihrer Längsachse plötzlich veränderte oder sich umbog oder auch sich aktiv eine kleine Strecke vorwärts bewegte .... Bei ungefähr 40 bis 50 Ketten, deren Geißeln ich beobachtete, und bei Einzelkokken war entweder nur eine endständige Geißel vorhanden, oder es besaßen die beiden Enden der Kette oder des Kokkus je eine Geißel ... Dann habe ich einigemal zwei Geißeln und einmal drei Geißeln an einem Ende gesehen .... Aus diesem Versuch geht also

hervor, daß die Individuen dieser Gattung beweglich sind und Bewegungsorgane in Form von längeren oder kürzeren, geschlängelten Geißeln besitzen . . .“

Ellis folgert aus diesem Versuche, daß alle Sarcinen, Mikrokokken und Streptokokken begeißelt und bewegungsfähig seien und nur durch etwa vorhandenen Schleim gehindert würden; dieser werde durch die mehrfache Übertragung junger Kulturen verhindert, so daß die Bewegung ungehemmt vonstatten gehen könne.

In einer zweiten Arbeit (1904) beschreibt Ellis dieselben Verhältnisse bei den Bakterien. Auch hier wird auf die Untersuchung einiger Arten hin, über deren Beweglichkeit ich mir kein Urteil erlauben kann, angenommen, daß alle Bakterien durch wiederholte Überimpfungen sich als beweglich und begeißelt erweisen würden.

Gleichzeitig (1902) mit diesen Angaben von Ellis erschien die schon oben genannte Arbeit von Fried aus dem Hygienischen Institut Würzburg.

Fried prüfte unter Bezugnahme auf Migulas oben erwähnte Angaben die Beweglichkeit des Micr. agilis und der Sarcina mobilis (Näheres über die Stämme s. S. 247) in ähnlicher Weise wie Ellis, indem er die beiden Stämme täglich ein- bis zweimal auf Kartoffelsaft- und Krautdekoktnährböden überimpfte, und zwar sowohl bei 36⁰ wie bei Zimmertemperatur. Er konnte nie irgendwelche Bewegung nachweisen.

Die Resultate von Fried stehen also mit denjenigen von Ellis in direktem Gegensatze. Ihre Richtigkeit läßt sich nicht bezweifeln, da die Beobachtungen nach Frieds Angaben nach einer Zeit von 5 bis 6 Stunden bis zu mehreren Tagen vorgenommen wurden, und zwar sowohl bei Zimmertemperatur als auch im Mikroskopwärmeschrank.

Weiter sind die Untersuchungen von Mühlmann (1909) zu nennen, welcher angibt, durch eine Schädigung unbewegliche Dysenteriebazillen beweglich gemacht zu haben.

Mühlmann züchtete die Dysenterie auf Bouillon mit verschieden starkem Zusatze von Alkali. Auf solcher Bouillon, der pro 100 ccm 4 ccm 10 proz. Sodalösung zugesetzt waren, fand er bei täglicher Überimpfung nach 6 Tagen „viel stärkere Beweglichkeit" bis zur Beweglichkeit der Typhusbazillen. Bemerkenswert ist, daß auf diesem Nährboden das Bakterium sehr stark geschädigt wurde, so daß die Lebensfähigkeit in einem Röhrchen nur 4 Tage betrug. Geißelfärbungen ergaben bei den beweglichen Stäbchen immer negative Resultate. Auch auf Zuckeragar wurde gute Beweglichkeit gefunden. Auf gewöhnlichen Nährböden gingen diese Veränderungen immer wieder zurück.

Eine Nachprüfung dieser Arbeit machte Bernhardt mit sechs Ruhrstämmen und hatte dabei ein vollständig negatives Resultat.

Nachdem also schon die Angabe von Mühlmann äußerst unwahrscheinlich klingt und wohl besser, allermindestens durch Geißelfärbung bewiesen sein sollte, muß mit gleichem Rechte diejenige von Arloing und Courmont zitiert werden, welche Tuberkelbazillen künstlich wollen beweglich gemacht haben.

Es handelt sich um die bekannte, durch Schütteln hergestellte homogene Tuberkelbazillenkultur dieser Autoren, in welcher sie Bewegung feststellten. C. Fraenkel korrigiert allerdings diese Angabe, indem er auf die starke Molekularbewegung hinweist, welche offenbar mit echter Bewegung verwechselt worden sei.

Eine ähnliche Angabe von Král und Dubard über bewegliche Tuberkelbazillen (es handelt sich um menschliche und Kaltblütertuberkulose und einen Stamm von Ferrán, der nach den Angaben dieses Autors einen Übergang zwischen dem Bact. coli und dem Tuberkelbazillus repräsentieren sollte) braucht wohl kaum widerlegt zu werden.

Endlich muß ich noch kurz über einige Fälle berichten, die in zusammenfassenden Arbeiten als Beweise für Veränderlichkeit angeführt werden, deren Autoren aber eigentlich nicht mit Bestimmtheit von Veränderungen sprechen.

Nach Kruse und Gotschlich beschrieb Bonhoff einen unbeweglichen Cholerastamm. Bonhoff selbst erwähnt aber nur im Laufe einer Arbeit über ein anderes Gebiet einen Cholerastamm, der bei 36° „nur eben eine Andeutung von Eigenbewegung bei einigen Individuen" zeigte und bei Zimmertemperatur unbeweglich war. Geißelfärbung gelang in allen Fällen leicht. Um eine unbewegliche Varietät kann es sich also hier nicht handeln.

Matzuschita soll nach Pringsheim das Bact. prodigiosum bei 36° unbeweglich gefunden haben. An der von Pringsheim zitierten Stelle macht er aber nur einige ganz allgemeine Angaben, besonders über die Dauer der Bewegung in Kulturen, die bei verschiedenen Temperaturen gehalten werden. Über völlige Unbeweglichkeit kann ich nichts finden.

Ähnlich zu bewerten sind wohl die Angaben von Germano und Maurea, welche Forscher auf einzelnen Nährböden schlechtere Bewegung fanden als auf anderen (z. B. auf sauren Kartoffeln schlechtere als auf Zuckeragar) und davor warnen, solche Unbeweglichkeit diagnostisch zu verwerten.

Natürlich existieren in der Literatur noch vielfach widersprechende Angaben über die Beweglichkeit einzelner Bakterien, z. B. bewegliche Milzbrandbazillen usw. Sie alle anzuführen, wäre kritiklos und würde die Lehre von der Variabilität wohl nicht fördern.

Eigene Versuche.

Für eigene Versuche schien mir zunächst die Frage am wichtigsten, ob es möglich sei, unbewegliche oder scheinbar unbewegliche Bakterien durch künstliche Einwirkung beweglich zu machen. In erster Linie waren hier die Angaben von Ellis nachzuprüfen, sowohl weil dieser Autor so bestimmte Angaben über die Beweglichkeit sämtlicher Bakterien und Kokken macht, als auch weil seine Technik zum Erlangen der Beweglichkeit eine so einfache ist. Nach Ellis braucht man nur die Stämme auf einen passenden Nährboden in sehr kurzen Abständen häufig zu übertragen, um zu beweglichen Kulturen zu kommen.

Die Versuche wurden in Anlehnung an Ellis zunächst mit Sarcinen gemacht.

Versuch 1a. Im November 1911 wurden vier Sarcinenstämme des Instituts ausgesucht, um während acht Tagen täglich überimpft zu werden, und zwar wurden von ihnen Strichkulturen auf Agar und Zuckeragar angelegt und bei Zimmertemperatur gehalten. Das Wachstum der Stämme war dabei ziemlich langsam; doch ließ sich eine tägliche Überimpfung bei Stamm 2 bis 4 durchführen, während Stamm 1 von der dritten Generation ab nur jeden zweiten Tag überimpft werden konnte, da nach 24 Stunden noch kein sichtbarer Belag vorhanden war.

Alle Stämme wurden nach ca. 24 Stunden, ebenso nach 2, 3 und 4 Tagen sowie auch später gelegentlich untersucht mit den folgenden Resultaten, die ich nur auszugsweise wiedergeben will.

Stamm I, Sarcina pulmonum (1900 von Prof. Hauser bezogen) zeigte in der ersten Generation[1]) nach 24 und 48 Stunden keine deutliche Bewegung, später fanden sich noch in dieser Generation ziemlich viele langsam rollende Individuen, die sich etwa 14 Tage lang bewegten. Die zweite Generation zeigte schon nach 48 Stunden reichlich bewegliche Individuen, und in den späteren Generationen wurde die Bewegung nicht nur allgemeiner sondern auch bedeutend schneller. Von der ersten Generation wurden am vierten und sechsten Tage Geißelpräparate angefertigt, die im allgemeinen regelmäßige Begeißelung zeigten. Präparate späterer Generationen zeigten dieselbe reichliche Begeißelung mit 1 bis 4 Geißeln an einem Individuum, wobei es schwer ist, zu unterscheiden, ob die vier Geißeln an einem Kokkus hängen oder ob dieser Kokkus sich vielleicht schon andeutungsweise zur Tetrade gespalten hat.

Stamm II, Sarcina alba (Zimmermann) bildete in der ersten Generation nach drei Tagen einen dicken, schleimigen Belag. Die späteren Generationen verloren diesen Schleim nicht. Mikroskopisch fanden sich kleinere und größere Klumpen von unbeweglichen Kokken, die bei Geißelfärbung keine Geißeln, aber auch keine Schleimkapseln zeigten. Die letzten Generationen waren ebenfalls unbeweglich und zeigten bei Geißelfärbung dieselben Verhältnisse.

Stamm III, Sarcina mobilis (Maurea) (von Kràl vor 1896 erhalten und bisher im Institut immer unbeweglich gefunden). Die erste Generation zeigte nach 24 Stunden einen dünnen, weißen Schleier, der später dicker wurde, aber ohne eine Spur von Schleimbildung. Mikroskopisch fanden sich sehr kleine, unbewegliche Kokken, meist vereinzelt oder zu zweien, selten in Haufen; von Würfeln oder Paketen keine Andeutung. Molekularbewegung sehr stark. Geißelpräparate zeigten keine Geißeln, keine Schleimhülle. In der letzten Generation fand sich keine Veränderung.

Stamm IV, Sarcina variabilis (Stubenrath). Makroskopisch zeigten die ersten Generationen nach 24 Stunden kaum sichtbare, tautropfenartige Kolonien, später einen dicken, weißen, etwas schleimigen Belag. Mikroskopisch fanden sich bewegungslose, sehr kleine Kokken, Diplo-

---

1) Ich werde mir im folgenden den etwas unkorrekten Ausdruck „Generationen" für die aufeinanderfolgenden Kulturen der Kürze halber erlauben.

kokken und Tetraden nebst seltenen Würfeln, aber keine eigentlichen Pakete. Keine Bewegung, fast keine Molekularbewegung. Die letzte Generation zeigte nach einigen Tagen dieselbe Schleimbildung wie die ersten. Bewegung wurde auch hier nie beobachtet. Geißelfärbung blieb immer resultatlos. Beachtenswert ist, daß ich die Geißelfärbung der vier Stämme immer gleichzeitig anstellte und sie bei Stamm I immer positiv, bei den übrigen in jedem Falle negativ fand.

Versuch 1 b. Derselbe Versuch wurde bei 36° begonnen, mußte aber nach einigen Generationen aufgegeben werden, da das Wachstum der Stämme 2 bis 4 bei dieser Temperatur zu langsam war und eine tägliche Abimpfung nicht gestattete.

Versuch 1 zeigt also, daß Stamm I, eine alte Sammlungskultur einer beweglichen Sarcine, in der ersten Generation nach 24 Stunden Bewegungslosigkeit vortäuschte, trotz deutlichen Wachstums, daß aber die Bewegung noch in dieser ersten Generation deutlich, in den späteren Generationen allerdings bedeutend lebhafter wurde. Die übrigen Stämme waren von Anfang bis Ende unbeweglich.

Versuch 2 a. Derselbe Versuch wurde mit dem Micrococcus agilis der Institutssammlung (1895 von Prof. Zimmermann in Chemnitz bezogen und in der Institutssammlung als M. roseus α typicus geführt) wiederholt, nur mit dem Unterschied, daß nicht in täglichen Abständen überimpft werden konnte wegen zu langsamen Wachstums sowohl auf Agar wie auf Spirillenagar. Die Kulturen auf Spirillenagar wurden bis zur achten Generation weitergeführt, in der Weise, daß immer möglichst junge Kulturen abgeimpft wurden, meist in zweitägigen Abständen.

Die Mikrokokken zeigten meist die bekannte „lebhafte Molekularbewegung“, nie eigentliche Bewegung. Geißeln konnten in der letzten Generation nicht nachgewiesen werden.

Versuch 2 b. Genau dieselben Verhältnisse fanden sich bei einer späteren Untersuchung des Micrococcus citreus agilis (Menge), der 1895 von Kràl bezogen war und in der Institutssammlung als M. flavus 3 geführt wird.

Auch in Versuch 2 konnte also durch häufige Überimpfungen keine Bewegung erzielt werden.

Versuch 3. Im Dezember 1911 wurden acht frisch gezüchtete Sarcinen (Stamm S 1 bis S 8), die aus Luftplatten verschiedenster Herkunft, welche Dr. H. Schütze zu andern Zwecken anlegte, entnommen waren, auf Beweglichkeit geprüft.

Stamm S 2, eine weiße Sarcine, zeigte in der ersten Generation nach 48 Stunden deutliche Bewegung. Die übrigen Stämme, vier gelbe, zwei weiße und eine rote Sarcine, waren unbeweglich und blieben es nach sieben Übertragungen auf Zuckeragar im Laufe der nächsten Woche.

Versuch 3 zeigt also, daß die Angaben von Ellis auch für frisch isolierte Stämme keine regelmäßige Geltung haben.

Versuch 4. Die vier Stämme von Versuch 1 und eine frisch gezüchtete gelbe Sarcine (Stamm S 4 des vorigen Versuches) wurden vom 16. Januar 1912 bis zum 19. Februar 1912, also während fünf Wochen, täglich überimpft. In der ersten Woche wurde gewöhnlicher Schrägagar gebraucht, auf welchem die Impfung wegen des langsamen Wachstums etwas schwierig war; von der zweiten bis fünften Woche wurde Zettnowscher Spirillenagar benutzt, den schon Ellis verwendet hat. Auf diesem Nährboden war das Wachstum auffallend viel schneller, so daß die Überimpfung keine Schwierigkeiten machte; immerhin konnten die nach 24 Stunden abgeimpften Kulturen als junge Kulturen im Sinne von Ellis angesehen werden, da das Wachstum noch tagelang weiter dauerte. Stamm I war von Anfang bis zu Ende beweglich, die andern unbeweglich und unbegeißelt.

In Versuch 4 brachte also auch eine durch fünf Wochen fortgesetzte Überimpfung auf möglichst günstigen Nährböden keine Beweglichkeit zustande.

Versuch 5. Im Dezember 1912 wurden aus dem Kràlschen bakteriologischen Museum sechs Kulturen von Sarcinen und Mikrokokken bezogen, die dem Namen nach beweglich sein sollten. Die erste Abimpfung wurde am 13. Januar 1913 auf Spirillenagar gemacht und ergab die folgenden Resultate:

1. Planosarcina Schaudinni, Wolff.
   24 h 22°. Große Sarcinen, schöne Pakete, keine Bewegung.
   48 h 22°. Dasselbe, gute Bewegung.
2. Planosarcina ureae Beijerinck.
   24 h 22°. Große Sarcinen, meist Würfel in guter Bewegung.
   48 h 22°. Dasselbe mit sehr lebhafter Bewegung.
3. Sarcina pulmonum Virchow, Hauser.
   24 h 22°. Mittelgroße Individuen, deutliche Pakete, spärliche, langsame Bewegung.
   48 h 22°. Dasselbe, sehr lebhafte Bewegung.
4. Sarcina mobilis Sames.
   24 h 22°. Unbewegliche kleine Kokken, in unregelmäßigen Haufen zusammenhängend.
   48 h 22°. Dasselbe.
5. Sarcina agilis Gaffky.
   24 h 22°. Große Individuen, schöne Würfel, reichlich schnelle Bewegung.
   48 h 22°. Dasselbe.
6. Micrococcus agilis Ali-Cohen.
   24 h 22°. Äußerst spärliche, unbewegliche Kokken.
   48 h 22°. Dasselbe.
   72 h 22°. Sehr kleine, unbewegliche Kokken (äußerst lebhafte Molekularbewegung).

Die in der ersten Generation unbeweglichen Stämme 4 und 6 wurden in möglichst kurzen Abständen mehrmals auf Spirillenagar weitergeimpft. Bewegung wurde auch später nie beobachtet.

Versuch 5 bestätigt also die Ergebnisse der vorherigen Versuche mit anderm Material.

Versuch 6. Im Dezember 1913, also ca. zwei Jahre nach Beginn der Versuche 1 bis 3, wurden die damals unbeweglichen Stämme wieder untersucht, dazu die unbeweglichen Stämme des Versuches 4 und einige bewegliche Stämme zur Kontrolle. Die Stämme waren inzwischen etwa halbjährlich überimpft worden in Stichkulturen auf gewöhnlichem Agar. Die Stämme wurden während sieben Tagen täglich auf Spirillenagar neu übertragen und bei Zimmertemperatur gehalten.

Die Untersuchung der zwei ersten und zwei letzten Generationen zu verschiedenen Zeiten ergab das folgende genau übereinstimmende Resultat:

Stamm S 1. Typische große Sarcine, nie Bewegung.

Stamm S 3. Dasselbe.

Stamm S 4. Größere und kleinere, nicht sehr typische Sarcinen, nie Bewegung.

Stamm S 5. Mittelgroße, etwas fragliche Sarcinen, nie Bewegung.

Stamm S 6. Große typische Sarcinen, nie Bewegung.

Stamm S 7. Dasselbe, nie Bewegung.

Sarcina mobilis, Maurea (Würzburg). Kleine Mikrokokken, keine Sarcinenformen, nie Bewegung.

Sarcina mobilis Sames (Kràl). Spärliche Sarcinenformen, meist kleine, unregelmäßig gelagerte Kokken, nie Bewegung.

Sarcina variabilis. Kleine, nicht sehr typische Sarcinenformen, nie Bewegung.

Sarcina alba. Kleine, fragliche Sarcinen, nie Bewegung.

Die gleichzeitig überimpften beweglichen Stämme wurden nur in den drei ersten Generationen untersucht und zeigten folgendes Verhalten.

Stamm S 2:

I. Generation, typische große Sarcinen, spärliche, bewegliche Exemplare.
II. Generation, reichliche, bewegliche Exemplare.
III. Generation, reichlich lebhafte Bewegung.

Sarcina agilis Gaffky:

I. Generation, typische große Sarcinen, reichliche, langsam bewegliche Exemplare.
II. Generation, dasselbe.
III. Generation, reichlich lebhafte Bewegung.

Planosarcina Schaudinni:

I. Generation, typisch große Sarcinen, reichlich langsame Bewegung.
II. Generation, einzelne lebhaft beweglich.
III. Generation, alle lebhaft beweglich.

Sarcina ureae Beijerinck:

I. Generation, typische große Sarcinen, einzelne langsam bewegliche Exemplare.
II. Generation, reichlich langsame Bewegung.
III. Generation, reichlich lebhafte Bewegung.

Versuch 6 zeigt also wieder, daß sämtliche unbeweglichen Stämme nach sieben Überimpfungen auf einen günstigen Nährboden unbeweglich blieben; bei den zur Kontrolle ebenfalls untersuchten beweglichen Stämmen bestand in der ersten Generation zum Teil eine so spärliche Bewegung, daß sie bei flüchtiger Untersuchung vielleicht hätte übersehen werden können. Die Bewegung nahm in der zweiten und dritten Generation deutlich zu, sowohl was die Zahl der beweglichen Exemplare als was die Schnelligkeit der Bewegung anbetrifft.

Diese sämtlichen sechs nach den Angaben von Ellis angelegten Versuche ergaben also ein vollständig negatives Resultat. Wenn ich trotzdem noch weiter in derselben Richtung, also mit häufiger Überimpfung, arbeitete, so war es zunächst in dem Wunsche, meine Ergebnisse noch in einer anderen Bakteriengruppe nachzuprüfen. Weiter ermutigte mich die bei der Arbeit mit den verschiedensten beweglichen Bakterien (Sarcinen, Koli, Typhus, Cholera usw.) immer wieder gemachte Erfahrung, daß die Schnelligkeit und das Allgemeinwerden der Bewegung durch wiederholte kurz aufeinanderfolgende Impfungen (unter günstigen Verhältnissen!) enorm gesteigert werden. Es lag wirklich schon zum voraus nah, daran zu denken, daß die Beweglichkeit in der ersten Generation nach frischer Isolierung oder nach frischer Abimpfung aus einer alten Kultur ganz oder scheinbar fehlen könnte, bei wiederholter Abimpfung aber zutage treten würde.

Die Beobachtung von Heim besonders bestimmte mich, für weitere Untersuchungen frisch isolierte Kolistämme zu nehmen; die einschlägige Angabe von Ernst war mir damals noch nicht bekannt. Außerdem lag es von Anfang an in meiner Absicht, der Koligruppe in bezug auf Beweglichkeit und Begeißelung meine besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Dies geschah in dem am größten angelegten Versuche meiner Arbeit, Versuch 7, der sich zur Aufgabe stellte, eine größere Anzahl von frisch isolierten Stämmen des Bact. Coli und seiner nächsten Verwandten (Aerogenesstämme und sog. atypische Kolistämme) genau auf Beweglichkeit zu prüfen und während eines möglichst langen Zeitraums mit abwechselnd häufigen und seltenen Übertragungen zu beobachten.

Versuch 7. Im Sommer und Herbst 1912 isolierte ich meist aus typhusverdächtigen Stühlen, die mir von Herrn Dr. Leuchs, Direktor der Bakteriologischen Untersuchungsanstalt, zur Verfügung gestellt wurden, zum kleineren Teil aus Stühlen von gesunden Personen, die koliartigen Kolonien. Ich erhielt so die 42 Stämme, deren kulturelle Eigenschaften in Tab. I angegeben sind. Wie daraus ersichtlich ist, handelt es sich um 36 mehr oder weniger typische Koli- resp. Aerogenesstämme und sechs Stämme, denen eine oder mehrere der für Bact. Coli charakteristischen Eigenschaften abgehen und die wir demgemäß als atypische Kolistämme bezeichnen wollen. Eine nähere Besprechung der Stämme findet im zweiten Teil der Arbeit statt, und an dieser Stelle soll nur von der Beweglichkeit und ihren Veränderungen die Rede sein.

Sämtliche Stämme wurden auf Drigalskiplatten isoliert; aus einer passenden Kolonie wurde dann eine Stichkultur auf Agar oder Gelatine angelegt, und zu gleicher Zeit wurden aus derselben Kolonie zwei Schrägagarröhrchen zur Untersuchung auf Bewegung bei 22° resp. 36° geimpft. Zum Teil, besonders in der zweiten Hälfte der Untersuchung, wurde der Schrägagar erst aus der ersten Stichkultur angelegt, um ja jede Verwechslung oder Verunreinigung auszuschließen.

Was in der Tab. I erste Generation genannt wird, ist also, von der Isolierung aus dem Stuhl an gerechnet, eigentlich die zweite oder dritte Generation, da die erste Generation auf der Drigalskiplatte, die zweite zum Teil auf dem Gelatine- resp. Agartische wuchs. Die allerersten Generationen hab ich absichtlich bei der Untersuchung vernachlässigt, da ich mich überzeugt hatte, daß nur eine Untersuchung in Kondenswasser der Schräg-Agarkultur genügende Sicherheit garantiert, daß man eine etwa vorhandene geringe Beweglichkeit nicht übersieht. Hätte ich, wie üblich, von der Drigalskiplatte Aufschwemmungen in Wasser gemacht, so hätte ich in der ersten Generation jedenfalls noch viel mehr Stämme unbeweglich gefunden.

Alle Stämme wurden nun zu gleicher Zeit in zwei Reihen, deren eine bei 22° und deren andere bei 36° gehalten wurde, untersucht. Es geschah dies zum Teil, um den Einfluß der Temperatur auf die Beweglichkeit zu studieren, hauptsächlich aber, um jede Änderung gleich am Parallelstamme kontrollieren zu können und so eine zufällige Verunreinigung oder Verwechslung auszuschließen. In jeder Reihe wurde meist in 24 stündigen, zum Teil auch in ca. 12 stündigen Abständen weitergeimpft, zunächst bis eine deutliche Bewegung vorhanden war. Dann wurden bewegliche und unbewegliche Stämme getrennt behandelt.

(Fortsetzung des Textes S. 274.)

Tabelle

Zeichenerklärung: — = fehlend; + = vorhanden; ++ = intensiv vorhanden; +++ =

Bezeichnung	Herkunft	Drigalski	Besondere Eigenschaften der Kolonien	Gramfärbung	Gelatineverflüssigung	Milchkoagulation	Bouillon	Indolbildung	Neutralrotreduktion	Traubenzuckergasbildung	Milchzuckergasbildung
1 (C1)	UA[1]) 355	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
2 (C4)	UA 508	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
3 (C8)	UA 532	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
4 (C14)	UA 561	rot	lappig	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
5 (C15)	UA 584	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
6 (C19)	UA 868	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
7 (C20)	UA 949	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
8 (C23)	UA 1027	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
9 (C24)	UA 1027	schwach rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
10 (C26)	UA 1156	rot	etwas schleimig, fadenziehend	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
11 (C27)	UA C. Sch.	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
12 (C28)	UA Hahn	rot	—	—	—	72 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
13 (C29)	UA 1200	rot	schleimig	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++

[1]) Untersuchungsanstalt.

I.

sehr stark; w = wackelnd beweglich; sp = spärlich; v = viele; Sp = Spur; Gen = Generation.

Begeißelung	Temperatur °C	Abimpfung sofort nach der Isolierung Bewegung	Abimpfung nach ca. 3 Monaten Bewegung	Abimpfung nach ca. 6 Monaten Bewegung	Abimpfung nach ca. 1 Jahr Bewegung
sehr spärl. Geißeln	22	1–4 Gen -, 5 Gen +	1 Gen fast alle +	1 Gen v w u. +	1 Gen v w u. ++
	36	1–3 Gen –, 4 Gen w u +	1 Gen v +	1 Gen v w u. +	
spärl. G. selten 1 bis 3 (oft polar)	22	1 Gen —, 2 Gen +	1 Gen fast alle +	1 Gen v w u. +	1 Gen sp w u. ++
selten 1—3 Geißeln	36	1 Gen —, 2 Gen +	1 Gen fast alle +	1 Gen v w u. +	1 Gen sp w u. +
	22	1 u. 2 Gen —, 3 Gen v w u. +	1 Gen sp +, 2 Gen v +	1 Gen v w u. +	
	36	1—4 Gen —, 5 Gen sp w u. +	1 Gen sp w u. +, 2 Gen v ++	1 Gen v w u. +	
Begeißelung zieml. allgem., meist 1–3	22	1 Gen v w u. +	1 Gen v +	1 Gen sp w u. +, 2 Gen v w u. +	1 Gen alle w u. +
	36	1 Gen v w u. +	1 Gen v ++	1 Gen —, 2 Gen v w u. + 1 Gen v ++	
sehr spärl. Geißeln	22	1 Gen sp w u. +, 2 Gen v +	1 Gen fast alle +	1 Gen v w u. +, 2 Gen v ++	1 Gen v w u. ++
	36	1 Gen v ++	1 Gen v +		
meist 1—3, selten bis 6 Geißeln	22	1 Gen v +	1 Gen sp w u. +	1 Gen v w u. +	1 Gen fast alle +, selten w
meist 1—2, z. T. bis 6 Geißeln	36	1 Gen v +	1 Gen v +	1 Gen v w u. +	1 Gen v w u. +
	22	1 Gen v +		1 Gen fast alle ++	
	36	1 Gen v ++		1 Gen v w u. +	
sehr spärl. Geißeln	22	1 Gen v w u. +		1 Gen fast alle ++	1 Gen v w u. +
	36	1 Gen v w u. +		1 Gen sp w	
meist 1—2 G., selt. bis 4 G., oft eine polar	22	1 Gen v w u. +		1 Gen v w u. +	1 Gen alle ++
	36	1 Gen v w u. +, 2 Gen v ++		1 Gen fast alle w u +	
oft 1—3, selten vier Geißeln	22	1 Gen sp +, 2 Gen v ++		1 Gen v w u. +	1 Gen v w u. +
	36	1 Gen sp w u. +		1 Gen v w u. +	
nur ganz vereinzelte Geißeln	22	1 Gen v ++		1 Gen v +	1 Gen v w, sp +
	36	1 Gen v ++		1 Gen sehr v w u. +	
sehr spärl. Geißeln	22	1 Gen sp +, 2 Gen v +		1 Gen v w u. +	1 Gen v w u. +
	36	1 Gen v ++		1 Gen v w u. +	
	22	1 Gen sp w, 2 Gen —, 3 Gen v ++		1 Gen v w u. +	1 Gen v w u. +
	36	1 Gen —, 2 Gen sp w, 3 Gen—, 4 Gen sp w, 5 Gen v ++		1 Gen v w u. +	

Tabelle I

Bezeichnung	Herkunft	Drigalski	Besondere Eigenschaften der Kolonien	Gramfärbung	Gelatineverflüssigung	Milchkoagulation	Bouillon	Indolbildung	Neutralrotreduktion	Traubenzuckergasbildung	Milchzuckergasbildung
14 (C32)	UA 1234	rot	—	—	—	48 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
15 (C33)	UA 1274	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
16 (C36)	Herr O.	rot	—	—	—	72 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
17 (C37)	Herr W.	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
18 (C41)	Herr G.	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	+	+	++	++
19 (C17)	UA 778	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
20 (C16)	UA 618	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	++	++	++
21 (C9)	UA 536	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	Sp. rep ++	+ rep +	++	++
22 (C11)	UA 559	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	+ rep ++	+ rep +	++	++
23 (C12)	UA 560	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	Sp. rep ++	++ rep ++	++	++
24 (C13)	UA 561	rot	rund	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	— rep ++	++	++	++
25 (C34)	UA 1288	rot	—	—	—	48 Std. + sauer	diffus trüb	Sp. repSp.	++	+	+
26 (C3)	UA 374	rot	etwas schleimig	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	Sp. rep +	++	++	++

(Fortsetzung).

Begeißelung	Temperatur °C	Abimpfung sofort nach der Isolierung Bewegung	Abimpfung nach ca. 3 Monaten Bewegung	Abimpfung nach ca. 6 Monaten Bewegung	Abimpfung nach ca. 1 Jahr Bewegung
ganz vereinzelte G.	22	1 Gen v ++		1 Gen v w u. +	1 Gen v w u. +
	36	1 Gen sp +, 2 Gen v ++		1 Gen v w u. +	
meist 1—2, sehr selten 4—6 G.	22	1 Gen sp +		1 Gen v w u. +	1 Gen v w u. +
	36	1 Gen v ++		1 Gen v w u. +	
meist ca. 6, oft 8 bis 12 Geißeln	22	1 Gen sp +, 2 Gen ++		1 Gen v + u. ++	1 Gen v w u. +
	36	1 Gen sp +, 2 Gen v +++		1 Gen v w u. +	
sp. Geißeln, selt. b. 5	22			1 Gen sp w u. +	1 Gen sp w u. +
	36	1 u. 2 Gen —, 3 Gen v w u. +		1 Gen v w u. +	
selten 1—2, sehr selten 3—4 G.	22			1 Gen sp w u. +	1 Gen v + sp w
	36	1 Gen sp +, 2 Gen v + u. ++, 4 Gen fast alle ++		1 Gen v w u +	
oft 1—2, selten 5 bis 6 Geißeln		1—7 Gen —, 8 Gen sp w u. +, 9 Gen v w, sp +	1—5 Gen —, 6 Gen sp w	1—3 Gen —, 4 bis 6 Gen sehr sp w, 7 Gen v w sp +	1 Gen v w u. +
	36	1—8 Gen —, 9 Gen sp w u. +	1—4 Gen —, 5 Gen v w sp +	1 Gen —, 2 u. 3 Gen sehr sp + 4 Gen v w sp +	
spärl. Geißeln, selten 1—3	22	1—10 Gen —	1—7 Gen —, 8 Gen sp +	1 u 2 Gen —, 3 Gen v w u. +	1 Gen sp w u. +
	36	1—10 Gen —	1—6 Gen —, 7 sehr sp +, 8 Gen zieml. v +	1 Gen —, 2 Gen sp w u. +	
keine Geißeln	22	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	39—45 Gen —
	36	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	
keine Geißeln	22	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	39—45 Gen —
	36	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	
keine Geißeln	22	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	39—45 Gen —
	36	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	
keine Geißeln	22	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	39—45 Gen —
	36	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	
keine Geißeln	22	1—14 Gen —		15—28 Gen —	29—35 Gen —
	36	1—14 Gen —		15—28 Gen —	
keine Geißeln	22	1—5 Gen —	6—15 Gen —	16—29 Gen —	30—36 Gen —
	36	1—5 Gen —	6—15 Gen —	16—29 Gen —	

Tabelle I

Bezeichnung	Herkunft	Drigalski	Besondere Eigenschaften der Kolonien	Gramfärbung	Gelatineverflüssigung	Milchkoagulation	Bouillon	Indolbildung	Neutralrotreduktion	Traubenzuckergasbildung	Milchzuckergasbildung
27 (C18)	UA 868	rot	stark schleimig	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	Sp. rep ++	++	++	++
28 (C31)	UA Brand	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	+ rep ++	++	++	++
29 (C35)	Herr B.	rot	etwas schleimig	—	—	72 Std. + sauer	diffus trüb	Sp.? rep ++	Sp.	++	++
30 (C38)	Herr W.	rot	schleimig	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	+	++	++	++
31 (C39)	Herr V.	rot	schleimig	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	+ rep Sp.	++	++	++
32 (C40)	Herr V.	rot	nicht schleimig	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	Sp. rep Sp.	+	++	++
33 (C42)	Herr B.	rot	nicht schleimig	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	+ rep Sp.	++	++	++
34 (C25)	UA Alb	rot	stark schleimig	—	—	48 Std. + sauer	diffus trüb	Sp. rep —	+	++	++
35 (C30)	UA 1201	schwach rot	stark schleimig	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	— rep —	+	++	++
36 (C2)	UA 367	rot	etwas schleimig	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	— rep —	+	++	++
37 (C7)	UA 526	blau	—	—	—	5 Tg. + sauer	diffus trüb (leichte Haut)	++	++	++	—
38 (C10)	UA 536	blau	—	—	—	4 Tg. + sauer	diffus trüb	++	++	++	—
39 (C21)	UA 974 (Blut!)	bläulich	—	—	—	10 Tg. + sauer	diffus trüb	—	—	—	—
40 (C22)	UA 974 (Stuhl!)	bläulich	—	—	—	6 W. unveränd.	diffus trüb	—	+	++	—
41 (C5)	UA 508	blau	—	—	—	8 Tg. + sauer	diffus trüb	—	—	—	—
42 (C6)	UA 526	rot	—	—	—	24 Std. + sauer	diffus trüb	++	+	—	—

(Fortsetzung).

Begeißelung	Temperatur °C	Abimpfung sofort nach der Isolierung Bewegung	Abimpfung nach ca. 3 Monaten Bewegung	Abimpfung nach ca. 6 Monaten Bewegung	Abimpfung nach ca. 1 Jahr Bewegung
keine Geißeln	22	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	39—45 Gen —
	36	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	
keine Geißeln	22	1—14 Gen —		15—28 Gen —	29—35 Gen —
	36	1—14 Gen —		15—28 Gen —	
keine Geißeln	22	1—14 Gen —		15—28 Gen —	29—35 Gen —
	36	1—14 Gen —		15—28 Gen —	
keine Geißeln	22	1—14 Gen —		15—28 Gen —	29—35 Gen —
	36	1—14 Gen —		15—28 Gen —	
keine Geißeln	22	1—14 Gen —		15—28 Gen —	29—35 Gen —
	36	1—14 Gen —		15—28 Gen —	
keine Geißeln	22	1—14 Gen —		15—28 Gen —	29—35 Gen —
	36	1—14 Gen —		15—28 Gen —	
keine Geißeln	22	1—14 Gen —		15—28 Gen —	29—35 Gen —
	36	1—14 Gen —		15—28 Gen —	
keine Geißeln	22	1—14 Gen —		15—28 Gen —	29—35 Gen —
	36	1—14 Gen —		15—28 Gen —	
keine Geißeln	22	1—14 Gen —		15—28 Gen —	29—35 Gen —
	36	1—14 Gen —		15—28 Gen —	
keine Geißeln	22	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	39—45 Gen —
	36	1—10 Gen —	11—24 Gen —	25—38 Gen —	
viele Geißeln, oft 6—8	22	1 Gen v ++		1 Gen sp w, 2 Gen v w u. ++	1 Gen v w u. +
	36	1 Gen v ++		1 Gen sehr sp w, 2 Gen v w u. ++	
meist nur 1—3 G., aber auffallend viele abgerissene	22	1 Gen v ++		1 Gen fast alle w u. ++, 2 Gen fast alle ++	1 Gen fast alle +
	36	1 Gen v ++		1 Gen v w u. +, 2 Gen v w u. +	
spärl. Geißeln,	22	1 Gen v ++		1 Gen v ++	1 Gen sp w u. +
meist nur 1—2	36	1 Gen v ++		1 Gen fast alle ++	
oft 8—10 Geißeln	22	1 Gen v +++		1 Gen v ++	1 Gen v ++
	36	1 Gen v +++		1 Gen v w u. +	
keine Geißeln	22	1—10 Gen —	11—25 Gen —	25—38 Gen —	39—45 Gen —
	36	1—10 Gen —	11—25 Gen —	25—38 Gen —	39—45 Gen —
keine Geißeln	22	1—10 Gen —	11—25 Gen —	25—38 Gen —	39—45 Gen —
	36	1—10 Gen —	11—25 Gen —	25—38 Gen —	39—45 Gen —

Die Stämme, welche Bewegung zeigten, wurden weiter geimpft, bis die Bewegung möglichst allgemein und schnell erschien, was meist in 2 bis 4 Generationen der Fall war. Die Originalkultur sowie die letzte Generation wurden aufgehoben. Bei den späteren Prüfungen auf Beweglichkeit, d. h. nach ca. drei und sechs Monaten, wurde dann wieder aus der Originalkultur, d. h. der ersten Stichkultur, abgeimpft. Nach sechs Monaten wurde ein zweite Stichkultur auf Agar angelegt, und diese wurde benutzt, um nach ca. einem Jahre (in Basel, Sommer 1913) die Beweglichkeit in einer erneuten Reihe zu prüfen. In der Tabelle über die Versuche ist also bei den beweglichen Stämmen immer wieder die erste Abimpfung aus der Originalkultur als erste Generation angegeben.

Anders war der Versuchsplan für diejenigen Stämme, welche keine Bewegung zeigten. Diese wurden zunächst während 10 bis 14 Generationen bei 22° resp. 36° weiter geimpft und genau auf Bewegung untersucht. Von jeder Reihe wurde dann die letzte Generation aufbehalten, um nach ca. drei Monaten als Ausgangspunkt für neue Überimpfungen zu dienen; auch von diesen wurden wieder die letzten Generationen aufbewahrt für die Versuche nach sechs Monaten. Da sich die beiden Parallelstämme in allen diesen Versuchen gleich erwiesen hatten, wurde nur noch die Kultur von 22° für die Versuche nach einem Jahre benutzt. Selbstverständlich wurden daneben auch die Originalkulturen aufbewahrt, um bei einer etwaigen Veränderung zum Vergleiche dienen zu können.

Auf eine genaue Wiedergabe der Versuchsprotokolle kann ich verzichten. Die Resultate sind in Tab. I zusammengefaßt und sollen hier nur kurz besprochen werden.

Von den 20 beweglichen Stämmen fallen zunächst sechs auf (Stamm 1, 2, 3, 17, 19, 20), bei denen die Bewegung sowohl bei 22° als bei 36° in der ersten Generation fehlte. Bei einem siebenten Stamme (Nr. 13) war sie so gering, daß sie in der ersten und dritten Generation bei 36° und in der zweiten bei 22° nicht zu entdecken war. Die meisten dieser Stämme zeigten dann in der zweiten bis vierten Generation mehr oder weniger reichliche Bewegung, nur zwei derselben ließen sie noch längere Zeit vermissen und sollen daher noch gesondert besprochen werden.

Stamm 19 (C 17) zeigte bei 36° erst in der achten Generation einzelne bewegliche Stäbchen, und trotzdem daraufhin die Parallelkultur bei 22° natürlich besonders genau untersucht wurde, konnte hier noch keine Bewegung gefunden werden. Erst am folgenden Tage ließ sich auch hier Bewegung nachweisen, und die beiden nächsten Generationen brachten dann eine deutliche Steigerung in der Menge der beweglichen Stäbchen, während sich die Art der Bewegung kaum veränderte. Wenigstens findet sich im Protokolle ausdrücklich notiert, daß die Stäbchen meist keine zielbewußte, sondern nur kugelnde, wenn auch lebhafte Bewegung zeigten. Daß es sich hier nicht um einen Irrtum oder nachlässige Untersuchung handelte, zeigten die Wiederholungen der Abimpfung nach drei und sechs Monaten. Bei der ersten Wiederholung waren wieder, in auffallendem Gegensatze zu den übrigen Stämmen, bei 36° die ersten vier und bei 22° die ersten fünf Generationen bewegungslos.

Nach einem halben Jahre trat die Bewegung etwas schneller ein; bei 22° waren schon in der zweiten und dritten Generation ganz vereinzelte wackelnde Stäbchen vorhanden, bei 36° zeigten sie sich erst in der vierten Generation. Auch hier noch bildete also dieser Stamm (neben dem folgenden) eine Ausnahme von allen übrigen, die um diese Zeit in der ersten oder spätestens in der zweiten Generation ziemlich allgemeine Bewegung zeigten. Nach einem Jahre war dann die erste Generation, welche aus der Originalkultur (zweite Abimpfung) angelegt wurde, beweglich.

Noch später trat die Bewegung bei Stamm 20 (C 16) auf. Hier war sie in der ersten Serie von Überimpfungen, also während zehn Generationen, überhaupt nicht bemerkbar. Der Stamm wurde dann wie die übrigen unbeweglichen behandelt, d. h. nach drei Monaten wurde aus der zehnten Generation jeder Reihe weitergeimpft, und hier zeigten sich nun die ersten der folgenden 14 Generationen noch unbeweglich, die letzten aber beweglich. In welcher Generation die Beweglichkeit erschienen war, ließ sich nachträglich nicht mehr feststellen, da nur die zwei ersten und die zwei letzten Generationen untersucht worden waren. Eine Verwechslung konnte ich aber dadurch ausschließen, daß ich aus der Originalkultur nochmals abimpfte, und hier fand ich nun bei 36° in der siebenten, bei 22° in der achten Generation etwas Bewegung, welche in den nächsten Generationen reichlicher wurde (für Tab. I wurde das Resultat dieser Abimpfung verwendet). Nach sechs Monaten zeigte der wieder aus der Originalkultur abgeimpfte Stamm schon in der zweiten Generation bei 36° und in der dritten bei 22° etwas Bewegung. Nach einem Jahre war die erste Generation deutlich beweglich.

Die übrigen 16 Stämme ließen die Bewegung schon in der ersten Generation sowohl bei 22° als bei 36° erkennen; doch waren auch hier die beweglichen Exemplare manchmal recht selten und die Bewegung selbst recht langsam, oft nur wackelnd oder kugelnd. In diesen Fällen nahm die Bewegung beim Weiterimpfen fast regelmäßig fortschreitend zu.

Ein gesetzmäßiger Unterschied zwischen der Kultur bei 22° und derjenigen bei 36° ließ sich nicht feststellen. Im allgemeinen hatte ich oft den Eindruck, daß die Bewegung bei 36° etwas lebhafter werde, doch schwankt dies ja nach dem Zeitpunkte der Beobachtung außerordentlich. Jedenfalls wechseln die Resultate in bezug auf das Eintreten sowie das Allgemeinwerden der Bewegung zwischen den beiden Reihen ganz unregelmäßig ab, so daß ich an Zufälligkeiten bei der Beobachtung denken möchte.

Sprechen wir noch kurz von der Begeißelung dieser Stämme, so ist zu sagen, daß dieselbe der Beweglichkeit im allgemeinen vollständig entsprach, mit Ausnahme seltener, verunglückter Präparate, in denen sich trotz Beweglichkeit, besonders infolge starker Verklebung der Bakterien, keine Geißeln nachweisen ließen. Präparate wurden regelmäßig von der ersten oder zweiten Generation hergestellt, bei den Stämmen, deren Bewegung zu dieser Zeit noch gering war, dann auch wieder auf der Höhe der Beweglichkeit. Sehr große Unterschiede ließen sich hier nicht feststellen, da auch bei allgemeiner Bewegung die Begeißelung meist recht mangelhaft und absolut nicht an jedem Stäbchen nachzuweisen war. Wichtig scheint mir dagegen die Tatsache,

daß ich bei den zunächst unbeweglichen, später aber beweglichen Stämmen im unbeweglichen Stadium auch keine Geißeln fand. Die einzige Ausnahme von diesem Satze machte Stamm 1, bei dem ich in der vierten Generation bei 22° einige Geißeln fand, aber erst in der fünften Bewegung nachweisen konnte.

Von den in den ersten 10 bis 14 Passagen unbeweglichen Stämmen ist nur zu sagen, daß, mit Ausnahme des schon besprochenen Stammes 20, keiner bei den später vorgenommenen Übertragungen — also bis in die 35. und teilweise 45. Generation — beweglich wurde. Von 16 Stämmen (Stamm 21 bis 36) können wir also mit der größtmöglichen Sicherheit behaupten, daß sie wirklich unbeweglich s i n d. Eine Abnahme der Schleimbildung war im Laufe der aufeinanderfolgenden Passagen nicht deutlich zu bemerken. Mehrmals ist in den Protokollen ausdrücklich erwähnt, daß z. B. die 14. Generation makroskopisch noch ebenso schleimig aussah wie die erste, und daß die Bakterien bei mikroskopischer Betrachtung immer noch stark verklebt waren. Hingegen schien mir die Schleimbildung bei den letzten Abimpfungen nach einem Jahre oft etwas geringer als am Anfang, was wohl einer bei Sammlungskulturen oft gemachten Beobachtung entspricht.

Bei sämtlichen unbeweglichen Stämmen wurden bei mehrmaligen Versuchen keine Geißeln gefunden. Auch hier wurde immer so vorgegangen, daß sicher bewegliche Stämme neben den unbeweglichen geprüft wurden, um eine Kontrolle für das Gelingen der Geißelpräparate zu haben.

Neben den 20 beweglichen und 16 unbeweglichen Vertretern der Koli-Aerogenesgruppe wurden noch sechs atypische Stämme (Nr. 37 bis 42 von Tab. I) in gleicher Weise untersucht. Von diesen zeigten die vier beweglichen alle schon in der ersten Generation deutliche, zum Teil sogar ganz auffallend schnelle und reichliche Bewegung. Die zwei am Anfang unbeweglichen Stämme blieben es bis in die 45. Generation.

Von Versuch 7 läßt sich also zusammenfassend das Folgende sagen: Es wurden 42 Stämme der Koligruppe von ihrer Isolierung an bis ca. ein Jahr danach untersucht. Unter diesen zeigten sich 18 von Anfang bis zu Ende, d. h. bis zur 35. oder 45. Generation, unbeweglich, trotzdem die Generationen sich zeitweise in sehr kurzen Zwischenräumen folgten. Andere 18 Stämme waren von Anfang bis zu Ende beweglich, doch nahm die Bewegung bei wiederholten Impfungen sehr oft deutlich zu. Von den verbleibenden sechs Stämmen zeigten vier nur sehr kurze Zeit, nämlich bis in die zweite oder dritte Generation, keine Bewegung, während eine solche später regelmäßig vorhanden war. Endlich finden wir zwei Stämme, welche die Bewegung in den ersten sieben resp. zehn Generationen bei häufiger Untersuchung konstant vermissen ließen, sich aber später doch noch als beweglich erwiesen. Daß

hier keine Täuschung vorliegt, wird einerseits dadurch garantiert, daß die Versuche in zwei voneinander unabhängigen Reihen (bei 22° resp. 36°) gemacht wurden, weiter dadurch, daß sich dieses Phänomen bei einem der beiden Stämme in erneuten Abimpfungen aus der Originalkultur nach ca. drei und sechs Monaten in ähnlicher Weise wiederholte.

Versuch 7 bestätigt also die Ergebnisse der vorigen Versuche in zwei Punkten. Er zeigt wieder, daß eine große Reihe von unbeweglichen Stämmen — entgegen den Angaben von Ellis — auch nach wiederholten Abimpfungen in kurzen Zeiträumen unbeweglich blieben, zweitens daß schwach bewegliche Stämme durch solche häufigen Übertragungen zu stärkerer Bewegung gebracht werden konnten.

Weiter zeigt er, daß Stämme vorkommen, die in einer langen Reihe von Übertragungen jede Bewegung vermissen lassen, später aber doch noch beweglich werden. Die Bewegung wird hier aber nicht durch die vielen Übertragungen gewonnen, sondern nach längerer Zeit — einem Viertel- bis einem Jahr — geht in der Originalkultur eine solche Umwandlung vor sich, daß nun neuerdings vorgenommene Abimpfungen sich schon in der ersten Generation als beweglich erweisen.

Der nächste Versuch, die Beweglichkeit eines bisher als unbeweglich bekannten Mikroorganismus nachzuweisen, wurde nach den Angaben von Mühlmann mit Bact. dysenteriae gemacht.

Versuch 8. Von Herrn Privatdozent Dr. Lüdke wurde mir je ein Stamm eines Bact. dysenteriae Shiga-Kruse und Flexner überlassen. Damit wurden genau nach den Angaben von Mühlmann Überimpfungen auf Bouillon von verschiedenem Alkalinitätsgrade vorgenommen.

Zunächst wurden vier verschiedene Nährböden hergestellt:

1. Bouillon auf den Lackmusblaupunkt neutralisiert.
2. Dieselbe Bouillon mit Zusatz von 3 ccm 10 proz. Sodalösung auf 100 ccm.
3. Dieselbe Bouillon mit Zusatz von 4 ccm.
4. Dieselbe Bouillon mit Zusatz von 5 ccm.

Auf diesen Nährböden sollten die Stämme während 14 Tagen täglich überimpft werden. Doch zeigte sich auf Nährboden 4 kein genügendes Wachstum; auf Nährboden 3 wuchs nur der Stamm Flexner, und zwar gut, der Stamm Shiga dagegen nicht. Auf Nährboden 2 wuchs endlich auch der Stamm Shiga, zwar kümmerlich, aber genügend.

Nach vierzehntägiger Passage mit täglichen Abimpfungen waren beide Stämme auf allen geeigneten Nährböden unbeweglich und unbegeißelt.

Der Versuch von Mühlmann konnte also nicht ganz genau wiederholt werden, da meine Stämme bei den von diesem Autor angegebenen hohen Alkalinitätsgraden (3 und 4 ccm 10 proz. Sodalösung) überhaupt nicht wuchsen; doch rührt dies am ehesten daher, daß eben der Begriff „neutrale Bouillon" etwas schwankend ist. Jedenfalls habe ich gerade wie Mühlmann so stark alkalische Bouillon angewandt, als meine Stämme eben ertragen konnten, und wenn in der Steigerung der Alkalinität ein allgemeines Mittel läge, die Dysenteriebakterien beweglich zu machen, so hätten meine Stämme beweglich werden sollen.

Trotzdem es mir a priori unwahrscheinlich schien, daß durch starke Alkalinität, also eine Schädigung, Beweglichkeit erzielt werden könne, machte ich später doch noch einen ähnlichen größern Versuch im Anschluß an das Experiment, bewegliche Bakterien durch Schädigung unbeweglich zu machen.

Versuch 9 a. Drei unbewegliche Kolistämme (Stamm C 2, C 3 und C 18) wurden erstens auf Bouillon gebracht, die mit 2 ccm Normalnatronlauge pro 100 ccm alkalisch gemacht worden war, zweitens auf Bouillon mit 4 ccm Normalnatronlauge pro 100 ccm. In dieser Flüssigkeit war das Wachstum ein sehr langsames, und die Stämme wurden drei Monate lang in wöchentlichen Intervallen übergeimpft und bei Zimmertemperatur gehalten. Sorgfältige wiederholte Untersuchungen wurden, wie in Tab. VI für die beweglichen Stämme angegeben ist, in der Mitte und am Ende der Versuchsreihe vorgenommen und konnten keine Beweglichkeit konstatieren.

Zu gleicher Zeit wurde auch der Versuch, durch Säurezusatz Beweglichkeit zu erzielen, unternommen, trotzdem auch hier die erwähnten theoretischen Bedenken vorlagen.

Versuch 9 b. Dieselben Kolistämme wurden in der bei Versuch 9 a angegebenen Weise auf Bouillon mit Zusatz von 2 resp. 4 ccm Normalschwefelsäure pro 100 ccm während ca. drei Monaten weitergezüchtet und zu den oben angegebenen Zeiten untersucht, mit negativem Resultat in bezug auf Beweglichkeit.

Die beiden Versuche 9 a und 9 b zeigen, daß es mir weder durch Zusatz von Alkali noch von Säure gelang, unbewegliche Bakterien beweglich zu machen.

Die weiteren hierher gehörigen Versuche 10 und 11 wurden gemacht im Anschluß an die oben mitgeteilte Beobachtung, daß das Bact. coli, frisch aus dem menschlichen Kote isoliert, oft mehr oder weniger unbeweglich ist. Man könnte daran denken, daß die Unbeweglichkeit gewissermaßen ein Rückbildungsvorgang, hervorgebracht durch die konzentrierte Nährlösung und die Wärme von 36°, sei, wie solche z. B. im Anschluß an parasitische Lebensweise erfolgen können. Die Bakterien sollten daher unter ungünstigere — aber vielleicht natürlichere — Bedingungen gebracht werden. Dazu wurden in erster Linie gewöhnliches Leitungswasser, weiter auch stark verdünnte Nährlösungen angewandt.

Versuch 10. Neun verschiedene unbewegliche Kolistämme (C 2, C 3, C 5, C 6, C 9, C 11, C 12, C 13, C 18) wurden am 16. August 1912 in der Quantität von einer Öse aus Agarkulturen in Röhrchen mit sterilisiertem Leitungswasser gebracht und bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Am 20. November, also ca. nach drei Monaten, wurden einige Ösen auf Schrägagar ausgestrichen. Eine Untersuchung am folgenden Tage ergab meist nur vereinzelte Kolonien und völlige Unbeweglichkeit, und die Unbeweglichkeit erhielt sich auch in einigen folgenden Generationen. Von diesem Schrägagar wurde eine weitere schwache Öse auf neue Röhrchen mit Leitungswasser gebracht. Eine Untersuchung Ende Februar 1913 ergab sowohl aus den ersten, nun sechs Monate alten Kulturen wie aus den zweiten, drei Monate alten Wachstum auf Agar und völlige Unbeweglichkeit.

Da bei dem vorigen Versuche mit Leitungswasser wohl eine Konservierung, aber wahrscheinlich höchstens eine unbedeutende Vermehrung der Bakterien vorlag, stellte ich einen weiteren Versuch mit stark verdünnter Nährlösung an, bei der es noch zu einer so deutlichen Vermehrung kam, daß die Bakterien im selben Nährsubstrat untersucht werden konnten, also nicht auf Agar gebracht zu werden brauchten.

Versuch 11. Die Stämme des Versuchs 10 wurden am 21. Oktober 1912, also nach ca. zweimonatlichem Aufenthalt in Leitungswasser, auf zwei verschieden stark verdünnte Nährlösungen gebracht, nämlich zehnfach und hundertfach verdünnte Nährbouillon. Auf diesen Lösungen wurden sie während vier Monaten in drei- bis viertägigen Intervallen übertragen, so daß sie sich im ganzen während sechs Monaten auf flüssigen Nährböden befanden

und dabei während vier Monaten reichlich Gelegenheit zur Vermehrung hatten (die zehnfach verdünnte Bouillon zeigte nach drei Tagen eine deutliche, die hundertfach verdünnte eine schwache Trübung). Ende Februar 1913 wurde der Versuch abgebrochen, nachdem in den letzten Generationen häufig angestellte Untersuchungen auf Beweglichkeit immer ein negatives Resultat ergeben hatten.

Versuch 10 und 11 zeigen also, daß unbewegliche Kolistämme auch durch langdauerndes Wachstum resp. Aufenthalt in flüssigen, nährstoffarmen Medien nicht beweglich wurden.

* * *

In einem gewissen Gegensatze zu den vorhergehenden Versuchen wurde weiter auch die Möglichkeit geprüft, bewegliche Bakterien unbeweglich zu machen. Solche Versuche waren ja bisher schon von mehreren Autoren vorgenommen worden und hatten meist nur zu vorübergehendem, fast oder ganz vollständigem Mangel an Bewegung geführt. Meist waren aber die Versuche ziemlich kurzdauernd und nur an einem oder wenigen Stämmen ausgeführt. Es konnte nun nicht in meiner Absicht liegen, alle zur Schädigung früher angewandten chemischen Substanzen durchzuprüfen oder gar neue zu suchen, sondern ich wollte zunächst nur zwei verschiedene typische Schädigungen, mit denen Veränderungen bei Bakterien (Virulenzabschwächung, Verlust der Sporenbildung, Farbe usw.) bekanntermaßen zu erzielen sind, auf die Frage der Begeißelung anwenden. Es ist dies die thermische Schädigung und die Schädigung durch Veränderung des Säure- resp. Alkalinitätsgrades. Diesen Schädigungen wollte ich möglichst viele verschiedene Stämme während relativ langer Zeit aussetzen, da auch diese Art am ehesten anzunehmen war, daß sich vielleicht ein variabler Stamm finden würde.

Die Frage, ob die Bakterien durch Wärme unbeweglich zu machen seien, wurde in einer ersten Versuchsreihe am Bact. prodigiosum geprüft. Es geschah dies zunächst im Anschluß an die Angabe von Pringsheim, daß Matzuschita dieses Bakterium bei 36° unbeweglich gefunden habe, Migula dagegen bei Zimmertemperatur unbeweglich, aber bei 36° lebhaft beweglich, dann auch, weil das Bact. prodigiosum bei 36° bekanntlich seine

Farbe verliert, also durch diese Temperatur deutlich alteriert wird. Im Verlaufe des Versuches überzeugte ich mich allerdings, daß das Wachstum bei 36° wohl keine Schädigung für das Bact. prodigiosum bildet. Nur ein Stamm von Bact. indicum. also eines der nächsten Verwandten, zeigte eine deutliche Schädigung, welche sich weniger in geringerem Wachstum als im Auftreten von Degenerationsformen bemerkbar machte. Ob der Verlust der Farbbildung als Schädigung anzusehen ist, muß dahingestellt bleiben. Einer meiner Stämme, der die Farbstoffbildung dauernd verloren hat, zeigte weder makroskopisch noch mikroskopisch den andern gegenüber Zeichen von Degeneration. Die Schleimbildung der Stämme war bald bei 36°, bald bei 22° stärker, so daß ich darin kein konstantes Merkmal finden kann. Übrigens gewöhnten sich die Stämme so gut an die Temperaturveränderung, daß auch diejenigen, welche in den ersten Generationen bei 36° bedeutend langsamer gewachsen waren, später bei dieser Temperatur nicht nur das gleiche, sondern ein schnelleres Wachstum zeigten als die Kontrollstämme bei 22°.

Versuch 12. Fünf Stämme, drei Prodigiosusstämme der Würzburger Sammlung (Bact. prodigiosum „K r á l“, Bact. prodigiosum „M a r t i n s“ und das farblose Bact. prodigiosum „N e u m a n n“ sowie ein Stamm von Bact. indicum und ein Stamm von Bact. latericium wurden zunächst sieben Wochen sowohl bei 22° als bei 36° gehalten und in zweitägigen Abständen übergeimpft. Ein Stamm von Bact. violaceum wurde anfangs auch mitgeimpft, ließ sich aber bei 36° nicht in so kurzen Abständen weiterpflanzen. Kurze Abstände wurden gewählt, um möglichst viele Generationen zu erzeugen und so den Bakterien möglichst ausgiebige Gelegenheit zu einer etwaigen Variation zu geben. Nach Ablauf der sieben Wochen wurden die Stämme auf Beweglichkeit geprüft und, als sie diese zeigten, noch weitere ca. neun Wochen in halbwöchentlichen Abständen übergeimpft. Tab. II, III und IV zeigen die Resultate bei den ersten und letzten Generationen.

Das Bact. latericium war bei 22° und 36° von Anfang bis zu Ende unbeweglich und braucht daher im folgenden nicht mehr erwähnt zu werden, ist auch auf den Tabellen nicht angeführt. Die drei Stämme von Bact. prodigiosum zeigten in den ersten Generationen (23. und 25. Oktober 1912) keine Beeinflussung durch die Temperatur in bezug auf ihre Beweglichkeit; das Bact. indicum dagegen zeigte zunächst während einiger Generationen bei 36° keine Bewegung, ließ aber von der vierten Generation an spärliche, bewegliche Stäbchen nachweisen, während die Bewegung bei 22° immer schnell und allgemein war.

(Fortsetzung des Textes S. 286.)

Tabelle II.

Prodigiosus etc. I. und II. Generation.

Datum der Impfung	Beobachtung nach Stunden	Bezeichnung des Stammes	22°		36°	
			Makroskopisch	Mikroskopisch	Makroskopisch	Mikroskopisch
23. X. 12	18 Std.	B. prodigiosum	Strich dick, schleimig, weiß C. W. stark getrübt	gut bewegl. Stäbch.	Strich dünn, weiß C. W. schwach getrübt	sehr schnell bewegl. Stäbchen u. bewegliche Fäden
23. X. 12	18 Std.	B. prodigios. „Martins“	do.	sehr gut bewegl. Stäbchen u. gut bewegl. Fäden	Strich sehr dünn, weiß C. W. nur am Boden getrübt	meist unbewegliche Stäbchen u. Fäd., spärl. bewegliche Stäbchen
23. X. 12	18 Std.	B. prodigios. „Neumann“	Strich durchsichtig, weißlich C. W. mäßig trüb	viele sehr schnell bewegl. Stäbchen und Fäden	Strich mitteldick, weiß C. W. getrübt	selten schnell bewegliche Stäbch.
23. X. 12	18 Std.	B. indicum	Strich schwach gewachsen, weiß C. W. mäßig trüb, Spur rötlich	viele schnell bewegl. Stäbchen u. bewegliche Fäden	schon stärker gewachsen als 22°	lange unbewegliche Stäbchen u. Fäd. m. Fetteinlagerg.
25. X. 12	20 Std.	B. prodigiosum	Strich dick, schleimig, rot C. W. sehr stark getrübt	spärl. gut bewegl. Stäbchen Fäd. nicht bewegl.	Strich mitteldick C. W. wenig getrübt	viele unbewegliche Fäden, spärl. bewegliche Stäbch.
25. X. 12	20 Std.	B. prodigios. „Martins“	do.	gut bewegl. Stäbch. und Fäden	do.	gut bewegl. Stäbchen u. Fäden
25. X. 12	20 Std.	B. prodigios. „Neumann“	Strich dick, weiß C. W. stark getrübt	viele sehr schnell bewegl. Stäbchen und gut bewegl. Fäden	wie 22°	spärl. bewegl. Stäbchen.
25. X. 12	20 Std.	B. indicum	Strich mitteldick, Spur rötlich C. W. stark getrübt	viele sehr schnell bewegl. Stäbchen und gut bewegl. Fäden	etwas schwächer als 22°	lange, unbewegliche Stäbch. u. Fäd.

Tabelle III.

Prodigiosus etc. nach 16 Wochen.

Datum der Impfung	Beobachtung nach Stunden	Bezeichnung des Stammes	22°		36°	
			Makroskopisch	Mikroskopisch	Makroskopisch	Mikroskopisch
8. II. 13	20 Std.	B. prodigiosum	Strich zieml. dick, rot C. W. trüb, rötlich weiß	wenige wackelnde Stäbchen u. Fäd.	Strich dick, weiß C. W. sehr stark trüb mit Haut	unbewegl. Stäbchen
8. II. 13	20 Std.	B. prodigios. „Martins“	do.	zieml. spärl. wakkelnde u. gut bewegliche Stäbch. und Fäden	do.	unbewegl. Stäbchen und Fäden
8. II. 13	20 Std.	B. prodigios. „Neumann“ (farblos)	Strich dick, weiß, stark schleimig C. W. stark getrübt	zieml. viele wackelnde u. gut bewegliche Stäbchen	Strich dick, weiß C. W. stark getrübt	äußerst spärliche wackelnde Stäbchen
8. II. 13	20 Std.	B. indicum	Strich zieml. dünn, rotweiß C. W. schwach getrübt m. weißem Satz	sehr viele sehr schnelle Stäbch.	Strich dick, weiß C. W. diffus getrübt	unbewegl. Stäbchen und Fäden
10. II. 13.	24 Std.	B. prodigiosum	Strich mitteldick, rot C. W. mäßig trüb	spärl. wackelnde u. gut bewegl. Stäbchen u. Fäden	Strich dick, weiß C. W. stark getrübt	unbewegl. Stäbchen und Fäden
10. II. 13.	24 Std.	B. prodigios. „Martins“	do.	viele wackelnde u. gut bewegl. Stäbchen u. Fäden	do.	meist unbewegliche Stäbchen u. Fäd. äußerst spärl. wakkelnde Stäbch.
10. II. 13.	24 Std.	B. prodigios. „Neumann“	Strich dick, weiß C. W. leicht diffus getrübt	viele sehr schnelle Stäbchen	do.	spärl. wackelnde Stäbchen
10. II. 13.	24 Std.	B. indicum	Strich dünn, rötlich C. W. leicht diffus getrübt	viele sehr schnelle Stäbchen	do.	unbewegl. Stäbchen und Fäden

Tabelle IV.

Beobachtung nach Stunden	Bezeichnung des Stammes	22° Makroskopisch	22° Mikroskopisch	36° Makroskopisch	36° Mikroskopisch
6 Std.	B. prodigiosum	kein Wachstum	spärl. unbew. Stäbch.	Strich sehr dünn, weiß C. W. klar	wackelnde u. gut bewegliche Stäbchen
6 Std.	B. prodigios. „Martius“	Strich spurweise gewachsen, weiß	spärl. wackelnde Stäbchen	kein deutliches Wachstum	zieml. reichl. gut bewegl. Stäbchen
6 Std.	B. prodigios. „Neumann“	kein Wachstum	spärl. unbew. Stäbch.	„	reichl. schnelle Stäbch.
6 Std.	B. indicum	Strich spurweise gewachsen C. W. Spur getrübt	meist unbewegl. Stäbchen, spärl. wackeld. Stäbchen	„	sehr spärl. unbewegl. Stäbchen
9 Std.	B. prodigiosum	Strich äußerst dünn, weiß C. W. nicht merklich getrübt	spärl. wackelnde und gut bewegl. Stäbch.	Strich mitteldick, weiß C. W. diffus, getrübt	viele schnell bewegl. Stäbchen u. Fäden
9 Std.	B. prodigios. „Martins“	Strich äußerst dünn, rötlich C. W. getrübt	zieml. viele wackelnde und gut bewegliche Stäbchen	Strich spurweise gewachsen C. W. kaum getrübt	zieml. viele wackelnde u. gut bewegl. Stäbchen
9 Std.	B. prodigios. „Neumann“	Strich äußerst dünn, weiß C. W. nicht getrübt	spärl. wackelnde und gut bewegl. Stäbch.	Strich mitteldick, weiß C. W. diffus getrübt	nur schnell bewegliche Stäbchen
9 Std.	B. indicum	Strich dünn, weiß C. W. getrübt	reichlich sehr schnelle Stäbchen	Strich sehr dünn, weiß C. W. Spur getrübt	sehr spärl. wackelnde u. gut bewegl. Stäbchen

24 Std.	B. prodigiosum	Strich mitteldick, rot C. W. mäßig trüb	spärl. wackelnde und gut bewegl. Stäbch. und Fäden	Strich dick, weiß C. W. stark getrübt	unbewegl. Stäbchen u. Fäden
24 Std.	B. prodigios. „Martins“	do.	viele wackelnde und gut bewegl. Stäbch. und Fäden	do.	meist unbewegl. Stäbchen und Fäden äußerst spärl. wackde. Stäbchen
24 Std.	B. prodigios. „Neumann“	Strich dick, weiß C. W. leicht diffus getrübt	viele sehr schnelle Stäbchen	do.	spärl. wackelnde Stäbchen
24 Std.	B. indicum	Strich dünn, rötlich C. W. leicht diffus getrübt	do.	do.	unbewegl. Stäbchen u. Fäden
48 Std.	B. prodigiosum	Strich dick, rot, schleimig C. W. stark getrübt	meist unbewegliche, spärl. bewegl. Stäbchen und Fäden	do.	unbewegl. Stäbchen u. Fäden
48 Std.	B. prodigios. „Martins“	do.	zieml. viele wackelnde und gut bewegliche Stäbchen	do.	do.
48 Std.	B. prodigios. „Neumann“	Strich dick, weiß, schleimig C. W. stark getrübt	viele gut und sehr gut bewegl. Stäbchen	do.	do.
48 Std.	B. indicum	Strich dick, rot C. W. stark getrübt	zieml. viele wackelnde und gut bewegliche Stäbchen	do.	do.

In der vorletzten Generation, am 8. Februar 1913, schienen die Verhältnisse zunächst anders zu liegen, indem zwei der Prodigiosusstämme bei 36° gar keine, der dritte fast keine Bewegung zeigte. Auch das Bact. indicum ließ bei 36° jede Bewegung vermissen. Die Beobachtung war nach ca. 20 Stunden vorgenommen worden, gerade wie am Anfang, doch fiel mir auf, daß die Kulturen bei 36° nun alle sehr stark gewachsen waren, etwas stärker als diejenigen bei 22°, während sie in den ersten Generationen meist bedeutend schwächer gewesen waren als diese. Ich beobachtete daher die folgende Generation nach zwei Tagen genauer und bekam nun ein ganz anderes Bild (siehe Tab. IV): Die Prodigiosuskulturen bei 36° zeigten nach sechs Stunden makroskopisch allerdings meist noch kein Wachstum, im Kondenswasser waren aber zum Teil recht lebhaft bewegliche Stäbchen vorhanden, während bei 22° makroskopisch und mikroskopisch erst bei einem Stamm Zeichen von Vermehrung zu erkennen waren. Das Bact. indicum zeigte sowohl bei 22° als bei 36° schon einige bewegliche Stäbchen. Nach neun Stunden waren die Verhältnisse ähnlich, d. h. die Bewegung war bei 36° meist lebhafter als bei 22°. Nach 24 Stunden dagegen änderte sich das Bild, indem, wie in der vorigen Generation, die Stämme bei 36° schon fast oder ganz unbeweglich waren, während bei 22° großenteils rege Bewegung bestand. Auch nach 48 Stunden war diese in den Kulturen bei 22° noch vorhanden und fehlte bei 36° nun gänzlich.

Ich habe die Resultate absichtlich zunächst in Tab. III gleich dargestellt wie in der vorigen Tabelle, also auch für den zweiten Tag nur die Beobachtung nach ca. 24 Stunden angegeben, um zu zeigen, wie leicht man zu Fehlresultaten gelangen kann. In Tab. IV sind dann die wirklichen Verhältnisse dargestellt, wie sie die wiederholt vorgenommene Untersuchung ergeben hat. Wir sehen daraus, daß bei 36° das Wachstum schneller und die Bewegung in der ersten Zeit bedeutend lebhafter war als bei 22°, daß das letztere dafür aber früher sistierte.

Versuch 12 zeigt also, daß verschiedene Prodigiosusstämme durch eine Temperatur von 36° in einer Zeit von 16 Wochen nicht unbeweglich geworden sind. Ein Stamm von Bact. indicum zeigte in den ersten Generationen deutliche Schädigung durch Bildung vieler Degenerationsformen, Fetteinlagerung usw. und war während dieser Zeit unbeweglich. Er erholte sich aber schon in der vierten Generation und blieb bis zu Ende des Versuches beweglich, wenn auch die Bewegung viel geringer war als bei 22°. Es zeigte sich also bei diesem Stamme und in gleichem Maße bei den andern eine ziemlich schnelle Gewöhnung an die Temperaturerhöhung. Zugleich scheint mir dieser Versuch die widersprechenden Angaben von Migula und Matzuschita zu erklären; wie eine Gegenüberstellung von Tab. III und IV zeigt, hängt es nur vom Zeit-

punkte ab, in dem man die Stämme untersucht, daß man ev. bei 22° deutliche und bei 36° keine Bewegung findet oder umgekehrt.

Ein weiterer Versuch wurde mit Stämmen der Typhus-Koligruppe vorgenommen. Vorversuche zeigten, daß eine Temperatur von 45 bis 46° die Beweglichkeit bei den meisten Stämmen vollständig verschwinden ließ. Während das Wachstum zum Teil ganz gut, zum Teil auch recht kümmerlich von statten ging — bur ein Stamm von Paratyphus A ertrug die Temperatur nicht —, nildeten sich in kurzer Zeit mehr oder weniger starke Degenerationsformen, besonders sehr lange Stäbchen und Fäden, bei einem Typhusstamme aber auch ziemlich unregelmäßige Gebilde, Keulen, Spindeln usw. Auch hier zeigte sich aber eine ziemlich schnelle Gewöhnung, welche in einer Vermehrung des Wachstums sowie im Verschwinden dieser Degenerationsformen zutage trat.

Versuch 13. Am 22. Oktober 1912 wurden vier bewegliche Kolistämme (C 1, C 4, C 8, C 15), zwei Typhusstämme (Stamm Adelsberg und Stamm Basel) und ein Paratyphus B (Stamm Burckhardt) in Bouillon geimpft und von dort an mit zweitägigen Überimpfungen bis zum 24. Dezember bei 45 bis 46° gehalten. Trotzdem sich mir Bouillon immer als sehr unbequem zur Untersuchung auf Bewegung erwiesen hatte, wollte ich zu diesem Versuche keinen Schrägagar anwenden, um jede Schädigung der Stämme durch Eintrocknen zu vermeiden und nur die Wirkung der Wärme zur Geltung kommen zu lassen. Ich möchte aber ausdrücklich erwähnen, daß ich die Prüfungen mit negativem Erfolge, die ich im Laufe des Versuches in den Bouillonkulturen gemacht habe, nicht für vollständig einwandfrei halte, trotzdem sie zu sehr verschiedenen Zeiten (5 bis 48 Stunden) vorgenommen wurden. Aus diesem Grunde schloß ich am Ende des Versuches noch eine Kontrolle mit Agarkulturen an.

Vor Beginn des Versuches waren alle Stämme bei 36° auf Beweglichkeit geprüft worden; die Kolistämme zeigten gute, die anderen sehr gute Bewegung. In der ersten Generation bei 45° und in einigen folgenden ließen nun die fünf Koli- und die zwei Typhusstämme jede Bewegung vermissen, der Paratyphus B zeigte in der ersten Generation spärliche bewegliche Stäbchen, in einigen folgenden ebenfalls keine Bewegung, zum Teil sogar deutliche Degenerationsformen. Nach acht Tagen fing einer der Kolistämme (C 15) an, beweglich zu werden; dieser Stamm zeigte überhaupt die geringste Schädigung und von Anfang an das stärkste Wachstum.

Nach ca. einem Monat waren die Kolistämme C 1 und C 8 sowie der Stamm Typhus B auf Agar und Bouillon unbeweglich. Stamm C 4 ließ sehr geringe, Stamm C 15 gute Bewegung erkennen. Typhus A und Paratyphus B zeigten allgemeine und sehr schnelle Bewegung. Ich brachte nun die Temperatur etwas über 46°, was die Bewegung wieder großenteils verschwinden ließ.

Tabelle V.

— = fehlend; + = gering; ++ = mittelstark; +++ = stark; ⊖ = nicht gewachsen oder nicht untersucht.

		46°									36°								
		21. XII. Bouillon			23. XII. Agar I Gen.			24. XII. Agar II Gen.			23. XII. Agar I Gen,			24. XII. Agar II Gen.			25. XII. Agar III Gen.		
		3 Std.	6 Std.	20 Std.	3 Std.	6 Std.	22 Std.	3 Std.	6 Std.	22 Std.	3 Std.	6 Std.	22 Std.	3 Std.	6 Std.	22 Std.	3 Std.	6 Std.	24 Std.
Koli 1	Wachstum	⊖	+	+++	—	++	++	—	+	+++	+	+++	+++	+	+++	+++	+	+++	+++
	Bewegung	⊖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	++	—
Koli 4	Wachstum	⊖	+++	+++	+	++	+++	++	++	+++	++	+++	+++	++	+++	+++	⊖	⊖	⊖
	Bewegung	⊖	—	—	—	++	—	+	—	—	++	++	++	++	++	—	⊖	⊖	⊖
Koli 8	Wachstum	⊖	++	+++	++	+++	+++	++	+++	+++	++	+++	+++	++	++	+++	⊖	⊖	⊖
	Bewegung	⊖	—	—	—	+	—	—	—	—	+	+	—	—	++	—	⊖	⊖	⊖
Koli 15	Wachstum	⊖	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	++	+++	+++	⊖	⊖	⊖
	Bewegung	⊖	—	—	+	+	—	+	++	—	++	++	++	++	++	—	⊖	⊖	⊖
Typhus A	Wachstum	⊖	—	+	—	+	++	+	++	++	+	+	++	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
	Bewegung	⊖	—	—	—	+++	+	++	++	++	++	++	++	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
Typhus B	Wachstum	⊖	—	+	—	+	++	+	++	++	+	+	++	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
	Bewegung	⊖	—	—	—	++	+	+	++	++	++	++	++	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
Paratyphus B	Wachstum	⊖	+	++	+	++	++	⊖	⊖	⊖	+	+	+++	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
	Bewegung	⊖	+	++	+++	+++	+++	⊖	⊖	⊖	+++	+++	+++	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖

Am 21. Dezember, also nach ca. acht Wochen, zeigte in der Bouillonkultur nur Paratyphus B gute Bewegung, alle anderen waren trotz deutlicher Entwicklung unbeweglich. Die sämtlichen vier Kolistämme waren dabei sehr stark, die Typhusstämme allerdings nur gering gewachsen. Zur genaueren Beobachtung wurden die Stämme nun sowohl bei 46° als auch bei 36° auf Schrägagar gebracht und zu verschiedenen Zeiten untersucht. Das Resultat ist in Tabelle V schematisch angegeben (zur besseren Übersicht habe ich sowohl Wachstum als Bewegung in verschiedene Grade geteilt und nur durch Zeichen angegeben).

Wir sehen hier zunächst, daß auch bei 46° nur ein einziger Stamm, nämlich C 1 die Bewegung in zwei aufeinanderfolgenden Generationen völlig vermissen ließ. Stamm C 8 zeigte einmal nach sechs Stunden einige bewegliche Stäbchen, die beiden anderen Kolistämme hatten relativ gute Bewegung, d. h. eine wechselnde Zahl von teils zielbewußten, teils wackelnden Stäbchen. Auch Typhus B, der anfangs am stärksten geschädigt gewesen war, ließ nun recht gute Bewegung, Typhus A sehr schnelle Bewegung erkennen. Paratyphus B hatte auch hier wieder in der ersten Generation allgemeine, sehr schnelle Bewegung, so daß eine Prüfung in der zweiten Generation nicht mehr nötig war.

Die gleichzeitige Kontrolle bei 36° zeigte ebenfalls nur bei zwei Stämmen eine leichten Schädigung. Stamm C 1 nämlich war in der ersten Generation auch bei 36° unbeweglich, in der zweiten waren äußerst spärliche, schlecht bewegliche Stäbchen zu bemerken, und in der dritten war wieder die gewöhnliche Bewegung eines Kolistammes vorhanden. Auch Stamm C 8, der sich bei 46° als am zweitstärksten geschädigt erwiesen hatte, zeigte hier in der ersten Generation nur vereinzelte wackelnde oder zielbewußt bewegliche Stäbchen, in der zweiten dann bessere Bewegung. Die übrigen Stämme besaßen schon in der ersten Generation wieder ihre gewöhnliche Beweglichkeit.

Über die Begeißelung ist zu bemerken, daß ich bei den völlig unbeweglichen Stämmen keine, bei den unvollkommen beweglichen Stämmen, also eine Zeit lang auch beim Paratyphus B (in Kontrollkulturen auf Schrägagar), nur wenige Geißeln nachweisen konnte.

Zusammenfassend läßt sich von Versuch 13 sagen, daß die Temperatur von 45 bis 46° bei allen beteiligten Stämmen zunächst eine mehr oder weniger lange dauernde Periode von Unbeweglich- zur Folge hatte. Unbeweglichkeit und der Stärkewachstumshemmung stimmten nicht ganz genau überein, fielen aber recht oft zusammen. Nach einem Monat war die Beweglichkeit bei mehreren Stämmen zurückgekehrt. Sie verschwand dann auf eine sehr leichte Erhöhung der Temperatur wieder, kam aber nach einem weiteren Monat bei den allermeisten abermals zum Vorschein. Das Wachstum nahm bei allen Stämmen im Laufe der Überimpfungen entschieden zu. Ein einziger Stamm war von Anfang bis zu Ende,

also zwei Monate lang, unbeweglich und unbegeißelt. Daß dieser Stamm die Fähigkeit der Bewegung aber nicht dauernd verloren hatte, zeigte die weitere Züchtung bei 36°; denn bei dieser Temperatur trat schon in der zweiten Generation etwas Bewegung auf, und in der dritten war sie wieder vollkommen normal.

Die Stämme zeigten also, mit Ausnahme des eben erwähnten, eine mehr oder weniger schnelle Anpassung an die ungewohnte Temperatur. Dies war zunächst daran zu erkennen, daß das Wachstum stark zunahm (bei der Abimpfung nach zwei Tagen war gegen das Ende des Versuches oft eine starke Trübung und eine dicke Haut vorhanden), weiter darin, daß die Beweglichkeit zurückkehrte.

Ich hätte zweifellos durch eine weitere Erhöhung der Temperatur eine erneute Unbeweglichkeit hervorrufen können, und wäre endlich für jeden Stamm an eine Grenze gekommen, an der er keine Bewegung mehr gezeigt hätte. Dies lag aber nicht in meiner Absicht; denn der Versuch hatte meiner Meinung nach deutlich dargetan, daß es Stämme gibt, die unter ungewohnten Bedingungen ihre Beweglichkeit verlieren. Nach einer mehr oder weniger langen Zeit der Angewöhnung kann dieselbe zurückkehren. Ein dauernder Verlust war auch bei dem Stamme nicht zu konstatieren, der die Bewegung zwei Monate lang unter den ungewohnten Verhältnissen hatte vermissen lassen.

Wichtig scheint mir besonders die Beobachtung, daß ich bei den unbeweglichen Stämmen keine, bei den mangelhaft beweglichen, auch bei dem sonst reich begeißelten Paratyphus B, nur auffallend spärliche Geißeln nachweisen konnte. Eine solche Untersuchung geschädigter Bakterien auf Begeißelung ist allerdings sehr diffizil; man könnte auch an Schädigung der Geißeln, nach Alfred Fischer, also besonders an Abbrechen oder Verquellen, denken. Ich konnte aber niemals eine besondere Zahl von abgerissenen

Geißeln finden, und für Verquellung hatte ich gar keine Anhaltspunkte. Ich möchte darum als natürlichste Erklärung annehmen, daß eine mangelnde Begeißelung während vieler Generationen infolge einer Schädigung bestehen kann. Zuweilen bildet das Fehlen der Beweglichkeit und der Begeißelung offenbar auch den einzigen Ausdruck der Schädigung, während z. B. das Wachstum kaum leidet.

Zur Nachprüfung der Angaben von Kossel und Overbeck über Beweglichkeit des Bact. pseudotuberculosis rodentium bei Zimmertemperatur und Unbeweglichkeit bei 36° untersuchte ich vier Stämme aus dem Krålschen Museum, die mir unter den folgenden Namen zugesandt wurden:

1. Bacillus pseudotuberculosis rodentium, Pfeiffer;
2. Bacillus pseudotuberculosis rodentium, Pfeiffer, Vincenzi;
3. Bacillus pseudotuberculosis murium Winslow;
4. Bacillus pseudotuberculosis opale agliaceo Vincenzi.

Versuch 14. Die vier angegebenen Stämme wurden sofort nach der Ankunft auf je zwei Schrägagarröhrchen geimpft und bei 22° resp. 36° gehalten. Nach den verschiedensten Zeiten, zwischen 3 Stunden und 22 Stunden, zeigten die Stämme bei Zimmertemperatur mehr oder weniger reichliche, meist allerdings ziemlich spärliche, wackelnde und ganz selten zielbewußt bewegliche Stäbchen, die Stämme bei 36° zeigten nie Bewegung. Der Versuch wurde acht Tage bei täglicher Überimpfung weitergeführt, ohne daß sich bei 36° Bewegung einstellte. Dabei war das Wachstum bei 36° eher besser, jedenfalls nicht schlechter als bei Zimmertemperatur, und von Degenerationserscheinungen war nichts zu bemerken. Wenn man die Fadenbildung etwa als solche ansehen will, so trat sie bei beiden Temperaturen ungefähr zu gleicher Zeit auf.

Mehrfache Geißelfärbung der Bakterien bei Zimmertemperatur ergab regelmäßig dasselbe Bild. Die meisten Stäbchen sind unbegeißelt, ein Teil besitzt eine bis drei, selten vier peritrich angelegte kurze Geißeln; abgerissene Geißeln sind sehr selten. Das Bild entspricht also ziemlich genau einer Kolikultur. Bei 36° fand ich bei Stamm 1 und 4 in der ersten Generation zwei bis drei Geißeln unter einigen tausend Bakterien; in der letzten Generation waren alle Stämme völlig unbegeißelt. Bei einer Wiederholung des Versuches war schon die erste Generation, die bei 36° gehalten wurde, vollständig ohne Geißeln, ebenso die vierte Generation. (Selbstverständlich wurde auch hier stets ein begeißelter Stamm zur Kontrolle mitgefärbt.)

Abimpfungen aus den unbeweglichen Stämmen nahmen bei Zimmertemperatur stets sofort wieder Bewegung an.

Versuch 14 zeigt also bei vier Stämmen von Bact. pseudotuberculosis verschiedener Herkunft übereinstimmend, daß die Stäbchen bei Zimmertemperatur beweglich und begeißelt, bei 36° in mehreren Generationen unbeweglich und unbegeißelt sind. Noch deutlicher als im vorigen Versuch wird es hier, daß die Unbeweglichkeit als einzige bemerkbare Schädigung auftritt. — Denkbar wäre nach den vorherigen Erfahrungen natürlich auch hier, daß die Bewegung bei sehr langer Gewöhnung auch bei 36° erschien.

Der nächste Versuch sollte ähnliche Verhältnisse durch eine chemische Schädigung hervorrufen, und zwar wählte ich den Einfluß von starken Säure- resp. Alkalinitätsgraden des Substrates.

Versuch 15. Nach verschiedenen Vorversuchen, die mir zeigen sollten, wie starke Abweichungen von der neutralen Reaktion von meinen Stämmen ertragen würden, wählte ich als äußerste Grenze eine Bouillon mit Zusatz von 4 ccm Normalnatronlauge resp. Normalschwefelsäure pro 100 ccm. Mehrere der untersuchten Stämme hätten einen bedeutend stärkeren Zusatz nach der einen oder anderen Richtung ertragen; doch schien es mir nicht nötig, für jeden Stamm die äußerste Grenze der Tolerabilität anzuwenden, um so mehr, als alle Stämme durch den erwähnten Zusatz deutlich geschädigt waren. Um zu prüfen, ob eine Abstufung der Schädigung vielleicht bei langer Einwirkung auch einen Einfluß habe, impfte ich dann eine zweite Versuchsreihe auf Bouillon, der nur 2 ccm Natronlauge resp. Schwefelsäure zugesetzt waren. Ich hatte also im ganzen vier Nährböden, auf denen der Versuch zu gleicher Zeit begonnen wurde.

Die Prüfung wurde mit fünf beweglichen Stämmen gemacht, und zwar waren es alles Stämme, die auch zum Versuch 13 dienten, nämlich die drei beweglichen Kolistämme C 1, C 8 und C 15, der Typhusstamm „Basel" und der Paratyphus B-Stamm „Burckhardt". (Zu gleicher Zeit wurden noch drei unbewegliche Kolistämme mitgeimpft, besonders um die verschiedenen Angaben über die Annahme von Beweglichkeit auf alkalischen Nährböden nachzuprüfen. Das Ergebnis dieser Untersuchung wurde als Versuch 9 a und 9 b mitgeteilt und wird daher im folgenden und auch in den Tabellen nicht mehr berücksichtigt.)

Das Wachstum in dieser Säure- resp. Alkalibouillon war besonders am Anfang äußerst langsam. Die Stämme wurden daher nur alle Woche einmal abgeimpft, und zwar überimpfte ich dann stets große Mengen unter Benutzung einer vierfachen Öse, die bei schwach gewachsenen Stämmen fünf- bis zehnmal eingetaucht und übertragen wurde. Die Röhrchen wurden im allgemeinen bei Zimmertemperatur gehalten, nur wurden sie jeweils in der

zweiten der zu beobachtenden Generationen in den Brutschrank gestellt, um durch stärkeres Wachstum die Beobachtung leichter zu machen. Daher erklärt sich das stärkere Wachstum mehrerer Stämme in der siebenten und dreizehnten Generation gegenüber der sechsten und zwölften. Im allgemeinen erreichte das Wachstum nach acht Tagen bei Zimmertemperatur seinen Höhepunkt noch nicht, sondern dauerte noch in der zweiten Woche langsam weiter.

Die Versuchsdauer betrug 13 Wochen vom 4. November 1912 an. Die Beobachtung auf Beweglichkeit geschah zunächst in den Vorversuchen und der ersten Generation, dann besonders genau in der Mitte der Versuchszeit und am Ende derselben. Die Beobachtungen im Anfange des Versuches in Form einer ausführlichen Tabelle wiederzugeben, scheint mir unnötig. Das Resultat in der Mitte (sechste und siebente Woche) und am Ende des Versuches (zwölfte und dreizehnte Woche) ist, für Säurebouillon und Alkalibouillon getrennt, in Tab. VI und VII enthalten, und ich möchte auch im folgenden die Verhältnisse auf diesen beiden Substraten gesondert besprechen.

a) In der stark alkalischen Bouillon (4 ccm) ließen am Anfange des Versuches Stamm C 1, C 8 und Paratyphus B jede Bewegung vermissen; diese Stämme wuchsen auch in mehreren Generationen sehr gering. Stamm C 15 wuchs auch hier wie in Versuch 13 wieder besonders stark und zeigte von Anfang an Bewegung. Der Typhusstamm wuchs zwar am schwächsten, verlor aber die Bewegung nicht ganz vollständig, obgleich sie auch bei ihm stark herabgesetzt war. Eine genaue Kongruenz zwischen Wachstumsschädigung und Unbeweglichkeit bestand also auch hier wieder nicht, obgleich die beiden im allgemeinen zusammenfielen. Bei der geringeren Konzentration (2 ccm) waren nur die beiden Kolistämme unbeweglich, der Paratyphus zeigte geringe und die andern beiden Stämme gute Bewegung.

Die Resultate in der Mitte und am Ende des Versuches, wie sie Tab. VI veranschaulicht, können wir zusammen betrachten. Wir sehen, daß hier nur noch ein Stamm (C 1) völlig unbeweglich war, und zwar sowohl bei 2 als bei 4 ccm. Dieser Stamm wuchs auch (neben dem Typhusstamme) ganz besonders schlecht. Stamm C 8 hatte bei 4 ccm nach sechs und sieben Wochen die Beweglichkeit noch nicht wieder erlangt, zeigte sie aber nach 12 und 13 Wochen in geringem Maße. Auch bei 2 ccm war sie in der Mitte des Versuches noch stark geschädigt. Der Typhusstamm hatte bei der stärkeren Konzentration die Beweglichkeit in dem Maße verloren, daß er bei weniger häufiger Beobachtung wohl sicher als unbeweglich angenommen worden wäre; denn unter 13 Beobachtungen fand ich nur zweimal einzelne wenig bewegliche Stäbchen. Der Paratyphus hatte seine Beweglichkeit wieder fast völlig erlangt, war aber nie so allgemein und schnell beweglich wie unter ganz normalen Verhältnissen. Stamm C 15 endlich zeigte von Anfang bis zu Ende die geringste Schädigung und seine normale Beweglichkeit.

Nach Beendigung des Versuches wurde der während drei Monaten unbewegliche Stamm C 1 auf Schrägagar gebracht und zeigte bei 36° nach vier

(Fortsetzung des Textes S. 296.)

Tabelle VI.

— = fehlend; Sp = spurweise; + = gering; ++ = mittelstark; +++ = stark; ⊖ = nicht untersucht.

Bezeichnung des Stammes	Normal-NaOH ccm	Art der Beobachtung W = Wachstum B = Bewegung	6. Woche 22°					7. Woche 36°					12. Woche 22°					13. Woche 36°				
			24 Std.	48 Std.	3 Tag	4 Tag	6 Tag	24 Std.	48 Std.	3 Tag	4 Tag	6 Tag	24 Std.	48 Std.	3 Tag	4 Tag	6 Tag	24 Std.	48 Std.	3 Tag	4 Tag	6 Tag
B. Coli C 1	2	W	—	+	+	⊖	⊖	—	++	++	++	⊖	+	++	++	++	++	+	+	⊖	+	+
		B	—	—	—	⊖	⊖	—	—	—	—	⊖	—	—	—	—	—	—	—	⊖	—	—
	4	W	—	Sp	+	+	+	—	Sp	+	+	⊖	+	+	+	+	+	+	+	⊖	+	+
		B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	⊖	—	—	—	—	—	—	—	⊖	—	—
B. Coli C 8	2	W	+	++	++	++	++	+	++	++	⊖	⊖	+++	+++	⊖	⊖	⊖	++	++	⊖	⊖	⊖
		B	+	—	—	—	—	—	++	++	⊖	⊖	++	+	⊖	⊖	⊖	++	++	⊖	⊖	⊖
	4	W	?	Sp	Sp	Sp	Sp	—	Sp	+	+	⊖	+	+	++	++	++	+	+	⊖	++	++
		B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	⊖	—	—	—	+	+	—	—	⊖	++	++
B. Coli C 15	2	W	+	++	++	⊖	⊖	++	++	++	⊖	⊖	++	+++	⊖	⊖	⊖	++	+++	⊖	⊖	⊖
		B	++	++	++	⊖	⊖	++	++	++	⊖	⊖	++	+	⊖	⊖	⊖	++	++	⊖	⊖	⊖
	4	W	—	Sp	Sp	+	+	—	+	++	++	⊖	++	++	++	++	++	++	++	⊖	++	++
		B	—	—	—	+	++		+	++	—	⊖	+	++	++	++	++	+	++	⊖	++	++
Typhus „Basel"	2	W	+	+	+	⊖	⊖	—	+	++	⊖	⊖	+	++	⊖	⊖	⊖	+	++	⊖	⊖	⊖
		B	++	++	++	⊖	⊖		++	+	⊖	⊖	++	+	⊖	⊖	⊖	+	+	⊖	⊖	⊖
	4	W	—	—	+	+	+	—	—	+	++	⊖	+	+	+	+	+	+	+	⊖	+	+
		B	—	—	—	—	—		—	+	—	⊖	+	—	—?	—	—	—	—	⊖	—	—
Paratyphus B „Burkhardt"	2	W	+	++	++	⊖	⊖	+	++	++	⊖	⊖	+++	++	⊖	⊖	⊖	++	+++	⊖	⊖	⊖
		B	++	++	++	⊖	⊖	—	+	+	⊖	⊖	++	+++	⊖	⊖	⊖	++	++	⊖	⊖	⊖
	4	W	—	++	++	++	++	—	+	+	+	⊖	++	++	++	++	++	++	++	⊖	++	++
		B	—	++	++	++	++		++	++	++	⊖	+	++	++	++	+	++	++	⊖	+	+

Tabelle VII.

— = fehlend; Sp = spurweise; + = gering; ++ = mittelstark; +++ = stark; ⊖ = nicht untersucht.

Bezeichnung des Stammes	Normal-H_2SO_4 ccm	Art der Beobachtung W = Wachstum B = Bewegung	6. Woche 22° 24 Std.	6. Woche 22° 48 Std.	6. Woche 22° 3 Tag	6. Woche 22° 4 Tag	6. Woche 22° 6 Tag	7. Woche 36° 24 Std.	7. Woche 36° 48 Std.	7. Woche 36° 3 Tag	7. Woche 36° 4 Tag	7. Woche 36° 6 Tag	12. Woche 22° 24 Std.	12. Woche 22° 48 Std.	12. Woche 22° 3 Tag	12. Woche 22° 4 Tag	12. Woche 22° 6 Tag	13. Woche 36° 24 Std.	13. Woche 36° 48 Std.	13. Woche 36° 3 Tag	13. Woche 36° 4 Tag	13. Woche 36° 6 Tag
C 1	2	W	+	++	++	⊖	⊖	—	++	++	⊖	⊖	++	+++	⊖	⊖	⊖	++	+++	⊖	⊖	⊖
		B	++	++	+	⊖	⊖		— ?	+	⊖	⊖	+	+	⊖	⊖	⊖	+	+	⊖	⊖	⊖
	4	W	—	Sp	Sp	++	++	—	+	+	+	+	+	+++	⊖	⊖	+++	+	+	⊖	+	+
		B		—	—	+	+		+	+	+	—	+	+	⊖	⊖	+	—	—	⊖	—	—
C 8	2	W	++	+++	+++	⊖	⊖	+	+++	+++	⊖	⊖	+++	+++	⊖	⊖	⊖	+++	+++	⊖	⊖	⊖
		B	+	++	++	⊖	⊖	+	++	++	⊖	⊖	++	+	⊖	⊖	⊖	++	+	⊖	⊖	⊖
	4	W	—	Sp	Sp	Sp	Sp	—	+	++	++	⊖	+	+	⊖	⊖	+++	+++	+++	⊖	+++	+++
		B		—	—	—	—		++	++	++	⊖	—	+	⊖	⊖	+	++	++	⊖	++	++
C 15	2	W	+++	+++	+++	⊖	⊖	+++	+++	+++	⊖	⊖	+++	+++	⊖	⊖	⊖	+++	+++	⊖	⊖	⊖
		B	++	++	++	⊖	⊖	++	++	++	⊖	⊖	++	+	⊖	⊖	⊖	++	++	⊖	⊖	⊖
	4	W	—	++	++	+++	+++	++	+++	+++	+++	⊖	+	+	⊖	⊖	⊖	+	+++	⊖	+++	+++
		B		+	+	++	++	+	++	++	++	⊖	—	+	⊖	⊖	+	+	++	⊖	++	+
Ty	2	W	+	+++	+++	⊖	⊖	+	++	++	⊖	⊖	++	+++	⊖	⊖	⊖	++	+++	⊖	⊖	⊖
		B	++	++	++	⊖	⊖	++	++	+	⊖	⊖	++	++	⊖	⊖	⊖	++	++	⊖	⊖	⊖
	4	W	—	+	+	+	+	—	+	++	++	⊖	+	+++	+++	⊖	+++	+	+	⊖	+	+
		B		+	—	—	—		++	++	++	⊖	++	++	++	⊖	+	++	++	⊖	++	—
Para	2	W	++	+++	+++	⊖	⊖	+	++	+++	⊖	⊖	+++	+++	⊖	⊖	⊖	++	+++	⊖	⊖	⊖
		B	++	++	++	⊖	⊖	+	+	++	⊖	⊖	++	++	⊖	⊖	⊖	++	++	⊖	⊖	⊖
	4	W	—	—	Sp	+	+	—	++	++	++	⊖	+	++	++	⊖	++	+	+	⊖	+	+
		B			+	+	+		+	+	+++	⊖	+	++	++	⊖	+	+	++	⊖	++	++

Stunden wieder reichliche Bewegung. Die andern schwer geschädigten Stämme erhielten ebenfalls in der ersten Generation auf Schrägagar ihre normale Bewegung wieder.

b) In der stark angesäuerten Bouillon (4 ccm) waren in der ersten Generation nur die Stämme C 1 und C 8 vollständig ohne Bewegung. Mit der halben Konzentration ließen auch diese Arten Bewegung erkennen. Stamm C 1 wuchs auch hier wieder besonders schwach. Die gleiche Wachstumsschädigung zeigte hier noch der Paratyphusstamm, doch hatte dieser die Bewegung nicht vollständig verloren. C 8 und der Typhusstamm wuchsen etwas stärker; letzterer war in der Bewegung nicht geschädigt, ebensowenig der starkwachsende Stamm C 15. In der Mitte und am Ende des Versuches waren, wie Tab. VII zeigt, alle Stämme, zum Teil allerdings schwach, beweglich. Ihre Bewegung erwies sich sofort wieder als völlig normal, als sie wieder auf Schrägagar gebracht wurden.

Untersuchungen über Begeißelung wurden in diesem Versuche nicht gemacht, da mir solche in flüssigen Nährböden nicht einwandfrei erschienen.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß wir sowohl durch Säure- als durch Alkalizusatz bei fast allen Stämmen verminderte Bewegung neben Schädigung im Wachstum nachweisen konnten. Mehrere Stämme waren am Anfang unbeweglich; bei den meisten derselben trat aber in den ersten sechs Wochen schon eine Gewöhnung ein, welche die Bewegung wieder erscheinen ließ. In einem Falle (C 8 in stark alkalischer Bouillon) kam diese Gewöhnung erst nach 12 Wochen zustande. Nur ein Stamm (C 1) war während des ganzen Versuches unbeweglich, und zwar sowohl bei der schwachen wie bei der starken Alkalikonzentration. Eine dauernde Unbeweglichkeit wurde aber auch in diesem über ein Vierteljahr hinreichenden Versuche nicht erzielt, da dieser Stamm auf einem gewöhnlichen Nährboden in der ersten Generation schon wieder seine frühere Bewegung besaß.

Die Schlüsse, die wir daraus ziehen können, sind mit denjenigen beim Versuche 13 identisch. Besonders auffallend ist, daß der gleiche Stamm (C 1) sowohl durch Säure als durch Alkali als auch durch Hitze deutlich am stärksten, ein anderer Stamm (C 15) durch alle drei Einflüsse am schwächsten in der Bewegung geschädigt wurde. Weiter scheint mir bemerkenswert, daß der Typhusstamm, besonders im letzten Versuche, trotz starker Schädigung die Bewegung relativ besser erhielt als mehrere der Kolistämme. Der Paratyphus erhielt sie überall sehr gut, wuchs

allerdings meist auch gut. Es scheint also Stämme zu geben, denen die Beweglichkeit durch die verschiedensten Schädigungen leicht verloren geht, und andere, die sie zäh festhalten.

* * *

In den bisher verzeichneten Versuchen hatte ich immer mit Abimpfungen aus ganzen Kulturen gearbeitet, nicht mit einzelnen Individuen resp. aus solchen hervorgegangenen Kolonien (in nicht angeführten Versuchen mit Sarcinen hatte ich allerdings auch Platten angelegt, aber aus beweglichen Stämmen immer nur bewegliche, aus unbeweglichen immer nur unbewegliche Individuen abimpfen können, so daß ich die Versuche sehr bald aufgab). Auf die Angabe von Bernhardt und Ornstein über „Mutation" der Beweglichkeit hin schien es mir nötig, noch Versuche in dieser Richtung zu unternehmen.

Versuch 16. Im Januar 1914 impfte ich aus verschiedenen Agarstichkulturen von Bact. typhi, Paratyphi, Coli, die großenteils neun, kleinerenteils sechs Monate alt waren, Bouillonkulturen ab, welche dann nach ca. 18 h 36° mäßiges Wachstum und ganz diffuse Trübung zeigten. Die Kulturen wurden nun zur Trennung der einzelnen Individuen einige Minuten mit Glasperlen geschüttelt, dann zu Agarplatten verarbeitet und nach 24 h 36° beobachtet.

Ich gebe nur die Resultate von drei Stämmen wieder, die deutliche Zeichen von Mutation aufwiesen, glaube aber, diese ziemlich ausführlich vorbringen zu müssen.

Koli C 16. Makroskopisch meist runde, glatte, glänzende Kolonien; dazwischen waren einzelne auffallend gelappt und getrübt. Mikroskopisch zeigten die gelappten Kolonien — im Gegensatze zu den andern leicht gekörnten — besonders am Rande sehr deutliche Zeichnungen in der Art des „hirnwindungsartigen Erdbazillus" von B. Fischer. Bei etwas genauerer mikroskopischer Betrachtung fanden sich alle Übergänge zwischen den beiden Formen, was eine Verunreinigung durch andere Bakterien oder gleichzeitige Anwesenheit zweier verschiedener Kolirassen in der Kultur wohl ausschließt.

Von dieser Platte wurden zehn Kolonien markiert und abgeimpft, von welchen die am stärksten veränderte als Stamm 1, der am schwächsten veränderte als Stamm 10 bezeichnet wurde.

Koli C 36. Makroskopisch fast alle Kolonien rund, glänzend, leicht erhaben, nur zwei darunter etwas größer und dünner, gelappt und getrübt. Mikroskopisch zeigten die meisten nur leichte Körnelung, höchstens ganz spurweise Andeutung von Windungen, die zwei anderen Kolonien aber deutliche Windungen. Übergänge waren also hier lange nicht so ausgesprochen wie oben.

Zehn Kolonien wurden markiert und abgeimpft, von denen die beiden veränderten als Stamm 1 und 2 bezeichnet wurden.

Mikroskopische Präparate von C 16 und C 36 zeigten in allen Kolonien dieselben gramnegativen Stäbchen; höchstens waren diejenigen der gelappten Kolonien vielleicht etwas kürzer.

Koli C 17. Makroskopisch alle Kolonien gleich, leicht gelappt und besonders am Rande ganz leicht getrübt. Mikroskopisch überall Andeutung von Windungen.

Zehn Kolonien wurden der Größe nach abgeimpft.

Die Abimpfungen auf Schrägagar wurden nach ca. 4 h 36′ untersucht, als das Kondenswasser deutlich getrübt war (eine Untersuchung der Kolonien selbst auf Bewegung wurde der vielen Fehlerquellen nach 24 h wegen nicht vorgenommen). Das Resultat gibt Tab. VIII.

Wie die Tabelle zeigt, gaben bei C 16 die glatten Kolonien alle sehr gut oder recht gut bewegliche Stäbchen, die frei herumschwammen. Die Kolonien mit Windungen ergaben großenteils stark verklebte Stäbchen — das Bild war oft genau wie bei der Agglutination —, die meist etwas kürzer und weniger beweglich waren als die anderen. Die Bewegung war allerdings nicht sehr stark gehemmt; das ging schon daraus hervor, daß kleine agglutinierte Haufen sich zum Teil fortwährend wälzten. Die mangelhafte Bewegung konnte also nicht im Fehlen der Geißeln oder der Bewegungsenergie bestehen, sondern die Verklebung erschien als die primäre Ursache.

Bei C 36 zeigten die beiden einzigen gewundenen Kolonien sehr deutlich dieselben Verhältnisse, während sonst meist lange, frei schwimmende Individuen vorhanden waren.

Bei C 17, dessen Kolonien alle gleichmäßig waren, bestand keine Verklebung, aber in bezug auf Bewegung die weitaus größte Verschiedenheit. Einzelne Stämme waren allgemein und sehr schnell beweglich, während andere (in der Tabelle mit äußerst *sp* + bezeichnet) schätzungsweise auf 200 bis 500 Individuen ein langsam bewegliches Stäbchen erkennen ließen. Stamm 17,8 wurde zunächst sogar als bewegungslos notiert.

Im Laufe der nächsten Woche wurden von diesen Stämmen in sehr kurzen Abständen zehn Generationen angelegt, die zweite noch von allen Stämmen, die späteren nur von den extremsten Formen; davon wurden die 2., 5., 7. und 10. Generation wieder auf Beweglichkeit untersucht.

Die zweite Generation ergab zunächst bei C 16 und C 36 genau das gleiche Resultat wie die erste, nur war die Bewegung, auch der verklebten Stäbchen, vielleicht etwas stärker ausgesprochen, so daß vielfach drei bis vier unregelmäßig zusammenhängende Individuen sich durch das Gesichtsfeld wälzten und auch größere Haufen ein lebhaftes Gewimmel zeigten. In der fünften und siebenten Generation nahmen die Unterschiede langsam ab, und in der zehnten waren sie völlig verschwunden.

Bei C 17 nahm die Bewegung in der zweiten Generation nicht oder kaum, später aber sehr deutlich zu.

Es war von vornherein daran zu denken, daß vielleicht die schlechter beweglichen — etwa geschädigten — Individuen von den gut beweglichen

Tabelle VIII. (Versuch 16).

	C16		C 36		C 17	
Nr.	Kultur	Bewegung	Kultur	Bewegung	Kultur	Bewegung
1	Starke Windungen	meist w u. +, mittellang, sp agglut.	Starke Windungen	sp w u. + meist kurz, meist agglut.	Leichte Windungen	sehr sp w mittellang frei
2	,,	v w u. ++, mittellang, v agglut.	,,	v w u + v agglut.	,,	v + ,, ,,
3	,,	alle w u. ++, Länge verschieden	glatt	alle ++ sehr lang, einzeln	,,	sp + ,, ,,
4	,,	v + u. ++ sp agglut.	,,	w bis ++ sehr lang, einzeln	,,	sp w u. + ,, ,,
5	Übergang	meist + mittellang einzeln	,,	meist w u. + sehr lang, einzeln	,,	zieml. v + lang ,,
6	,,	meist + lang, einzeln	,,	alle + sehr lang, einzeln	,,	spärl. +
7	,,	meist w w + lang, einzeln	,,	alle w u. ++ sehr lang, einzeln	,,	äußerst spärl. +
8	glatt	meist ++ lang, einzeln	,,	meist + bis ++ sehr lang, einzeln	,,	— (Kontrolle äußerst spärl. +)
9	,,	meist + u. ++ lang, einzeln	,,	do.	,,	fast alle +
10	,,	meist w u. + lang, einzeln	,,	fast alle w u. ++ lang	,,	fast alle + u. ++

überwuchert würden und darum verschwänden. Ich legte daher von demjenigen Stamme, der in der Bewegung die größten Unterschiede zeigte, nämlich C 17, wieder Platten an aus den drei am schlechtesten beweglichen und einer sehr gut beweglichen Kolonie und impfte wieder von jeder Platte einige Kolonien wahllos ab. Die Bewegung war nun in der zweiten Generation auch hier noch ganz gleich, indem der gutbewegliche Stamm C 17,10 in sämtlichen Kolonien ziemlich lange Individuen in allgemeiner schneller Bewegung zeigte, die andern, nämlich C 17,4, C 17,7 und C 17,8, meist recht spärliche, wackelnde oder langsam zielbewußte Bewegung. Auch hier waren noch Tochterstämme, die viel weniger als 1% bewegliche Individuen enthielten. Aus solchen am schlechtesten beweglichen Stämmen wurden wieder Platten gegossen, und hier fand sich nun bei sämtlichen untersuchten Kolonien eine so gleichmäßige gute Bewegung, daß der Versuch, auf diese Weise bewegungslose Stämme zu erhalten, aufgegeben wurde.

Versuch 16 zeigt also, daß sich beim Abimpfen aus alten Kolonien recht große Unterschiede, nicht nur in der Kolonieform sondern auch in der Beweglichkeit (und hier interessiert uns nur diese), ergaben, also das, was jetzt meist als Mutation bezeichnet wird. Von den übrigen Mutationsmerkmalen wird aber meist angegeben, daß sie sich bei Überimpfung in kurzen Abständen konstant oder relativ konstant erhalten, so daß es wenigstens möglich ist, mutierte Nachkommen längere Zeit zu erhalten. Bei der mangelhaften Beweglichkeit war das in meinem Versuche nicht der Fall, sondern kurze Passagen brachten die Stämme, gerade wie in allen meinen früheren Versuchen, wieder auf die Höhe der Bewegung.

Sehr auffallend war die „agglutinierte“ Form (aus Kondenswasser von Schrägagar), und es scheint zweifellos, daß zwischen diesen Verklebungen und den Windungen der Kolonien ein Zusammenhang besteht; aber auch diese Verklebung nahm sehr bald ab und verschwand allgemein. Bei einem Stamme erschien übrigens die fast völlige Bewegungslosigkeit als einzige bemerkbare Veränderung.

Besonders hervorheben möchte ich die „Erholung“ in bezug auf Beweglichkeit beim Stamme C 17, bei dem ich immer aus den am schlechtesten beweglichen Kolonien Platten goß, in der Absicht, zuletzt eine bewegungslose zu erhalten. Sie zeigt jedenfalls, daß sich hier kein Individuum finden ließ, das die Fähigkeit der Be-

wegung wirklich verloren hatte, wenn es sich auch temporär nicht beweglich gezeigt hatte.

Endlich erinnere ich daran, daß unter vielen Stämmen nur die drei oben beschriebenen stärkere Veränderungen der Beweglichkeit zeigten. C 16 und C 17 sind die in Versuch 7 besprochenen Stämme, die nach ihrer Isolierung aus dem Stuhl während sehr langer Zeit völlig unbeweglich waren; es läßt sich also wohl an einen Zusammenhang des damaligen und des jetzigen Befundes denken.

Versuch 17. Eine andere Auslese geschwächter Individuen mit der Technik der Mutationsversuche unternahm ich, indem ich sieben Stämme der Typhus-Koligruppe in Bouillon in eine Temperatur von 45° brachte. Da der Versuch ein durchaus negatives Resultat ergab, möchte ich ihn nur ganz kurz wiedergeben. Nach 48 h zeigten alle Stämme sehr geringes Wachstum, ein Typhusstamm schien nicht gewachsen. Beweglichkeit zeigte nur ein Stamm von Paratyphus B; alle andern schienen unbeweglich. Aus allen Stämmen wurden Platten gegossen und je zehn Kolonien, darunter möglichst kleine, vielleicht geschwächte, abgeimpft zur Untersuchung auf Beweglichkeit. Eine Mutation der Kolonieform bestand nirgends. Die Prüfung ergab bei sämtlichen gute Bewegung, auch bei dem fast völlig im Wachstum gehemmten Typhusstamme, von dem nur wenige Kolonien aufgegangen waren.

Aus denselben Bouillonkulturen, die immer bei 45° gestanden hatten und zum Teil noch recht schwach, zum Teil stark entwickelt waren, wurden nach 10 bis 14 Tagen nochmals Platten gegossen mit demselben Erfolge in bezug auf Beweglichkeit.

Dieser Versuch bestätigt also die Resultate von Versuch 13, indem er zeigt, daß sich auch nicht einzelne Individuen nachweisen ließen, welche durch die Temperatur von 45° einen dauernden Verlust der Beweglichkeit erlitten haben.

* * *

Zusammenfassend läßt sich über meine eigenen Untersuchungen sagen, daß zunächst alle Versuche (Versuch 1 bis 6) negativ verliefen, welche sich zur Aufgabe stellten, Bakterien, die bekanntermaßen unbeweglich waren, beweglich zu machen. Es wurde dies zunächst mehrmals und unter verschiedenen Bedingungen mit Sarcinen und Mikrokokken versucht, und die Angabe von Ellis, daß dieselben allgemein durch häufige Überimpfungen beweglich werden, konnte nicht bestätigt werden. Hingegen war

bei einigen Kontrollen mit als beweglich bekannten Sarcinen deutlich, daß die Bewegung mehrmals in der ersten Generation sehr träge war, zum Teil auch ziemlich spät eintrat, später aber infolge der vielen Überimpfungen allgemein und lebhafter wurde.

Im Gegensatze dazu hatten in Versuch 7 mit frisch isolierten Kolistämmen die wiederholten Übertragungen den Erfolg, daß mehrere Stämme dabei als beweglich erkannt wurden, welche in einer oder mehreren der ersten Generationen unbeweglich waren und auch keine Geißeln gezeigt hatten. Spätere Abimpfungen aus den unbeweglichen Originalkulturen nach ½ bis 1 Jahr ergaben allerdings schon in der ersten Generation ohne weiteres bewegliche Kulturen.

Versuche 8 bis 11 zeigen dann, daß es auch durch andere Methoden, wie Einbringen der Bakterien in höchst verdünnte, flüssige Nährlösungen oder auch in Brunnenwasser, endlich durch Überimpfung in mehr oder weniger stark alkalische Nährböden, nicht gelang, bei den nach längerer Beobachtung als unbeweglich erkannten Bakterien Bewegung hervorzurufen.

Weiter wurde die Möglichkeit geprüft, bewegliche Stämme durch ungünstige Verhältnisse unbeweglich zu machen. In Versuch 12 wurden Prodigiosusstämme, in Versuch 13 Stämme der Typhus-Koligruppe höheren Temperaturen ausgesetzt, mit dem Erfolge, daß mehrere Stämme temporär unbeweglich wurden; die meisten zeigten allerdings mehr oder weniger rasche Gewöhnung an die Temperatur und erhielten ihre Beweglichkeit auch unter den abnormen Bedingungen wieder; die übrigen wurden sofort wieder beweglich, als sie in normale Verhältnisse kamen. In dem allerdings nur kurz dauernden Versuch 14 zeigte sich beim Bact. pseudotuberculosis rodentium bei 36° immer sofort vollständige Unbeweglichkeit, meist auch vollständiges Fehlen der Begeißelung, bei Zimmertemperatur trat die Bewegung in der unteren Generation wieder auf. Versuch 15 brachte temporäre Unbeweglichkeit durch Säure- und Alkalizusatz zum Nährboden zustande, doch erholte sich auch hier ein Stamm, der während mehr als drei Monaten

unbeweglich gewesen war, auf günstigem Nährboden sofort wieder; bei den anderen trat schon früher Gewöhnung ein, und die Beweglichkeit kam auch unter den sehr ungünstigen Verhältnissen — allerdings recht spärlich — zurück. Es gelang also auf mehrere Arten, die Bakterien temporär, nicht aber dauernd unbeweglich zu machen.

In einem weiteren Versuche traten mutationsartige Veränderungen ein, d. h. aus alten, mehr oder weniger gut beweglichen Stämmen ließen sich Abkömmlinge mit sehr guter und mit äußerst schlechter Beweglichkeit gewinnen. Trotzdem ich mich nun bemühte, durch Auslese der am schlechtesten beweglichen Stämme womöglich einen unbeweglichen Stamm zu erlangen, mißlang nicht nur dies, sondern nach mehreren Abimpfungen — zum Teil mit konstanter Auswahl der am schlechtesten beweglichen Abkömmlinge — wurden nach und nach alle Stämme wieder gut beweglich.

Im folgenden möchte ich nun untersuchen, welche Veränderungen von Beweglichkeit und Begeißelung sowohl durch die in der Literatur verzeichneten Angaben als durch meine Versuche einwandfrei festgestellt sind und wie sich die gefundenen Tatsachen für die Frage nach der Konstanz resp. Variabilität der Beweglichkeit verwenden lassen. Von der Beantwortung dieser Frage hängt es ab, ob wir der Begeißelung und Beweglichkeit für die Artbezeichnung — sowohl in der wissenschaftlichen Systematik als in der praktischen Diagnose — eine entscheidende Rolle beimessen dürfen oder nicht.

Die Untersuchung über die Veränderlichkeit dürfte sich wohl logisch in die folgenden Fragen gliedern lassen:

I. Gibt es einen vorübergehenden Verlust der Bewegung und Begeißelung bei bekanntermaßen beweglichen Arten?

II. Gibt es einen dauernden Verlust bei denselben Arten?

III. Gibt es eine vorübergehende Annahme der Beweglichkeit bei bekanntermaßen unbeweglichen Arten?

IV. Gibt es eine dauernde Neuerwerbung der Beweglichkeit bei bekanntermaßen unbeweglichen Bakterien?

I. Über vorübergehenden Verlust der Beweglichkeit sind die Angaben am häufigsten. Ich möchte aber gleich bemerken, daß ich hier nur die Tatsache des vollständigen Verlustes der Beweglichkeit und Begeißelung für die Dauer einer oder mehrerer Generationen besprechen möchte; denn nur eine solche kann für die Frage der Variabilität überhaupt in Betracht kommen, und nur eine solche kann für den geübten Untersucher etwa als Fehlerquelle wirken. Die allgemein bekannte Beobachtung, daß die Bakterien durch schroffen Wechsel der sie umgebenden Bedingungen — der Temperatur, des osmotischen Druckes, der Sauerstoffspannung usw. — für mehr oder weniger lange Zeit unbeweglich werden, die weitere Tatsache, daß alte oder geschädigte Kulturen unbeweglich werden, bevor sie absterben, gehört nicht in den Bereich unserer Frage. Sie ist ein Ausdruck dessen, daß jedes Lebewesen, sei es unter physiologischen oder pathologischen Bedingungen, Perioden mit stärkeren und schwächeren Lebensäußerungen durchmacht. Für die Praxis lassen sich Fehlerquellen, die sich aus dieser Tatsache ergeben könnten, ja gewöhnlich leicht vermeiden, indem man eben die Bakterien nur unter ihren günstigsten und gewohnten Bedingungen untersucht, und zwar nur in jungen Kulturen, wie das in jedem Lehrbuche über Untersuchungsmethoden angegeben ist.

Vorübergehende, aber längerdauernde Zustände von Unbeweglichkeit wurden von mehreren Autoren unter verschiedenen Bedingungen völlig einwandfrei beobachtet. Fischer und Villinger schädigten die Bakterien durch Zusatz chemischer Substanzen zum Nährboden, ersterer auch durch ungenügende Nahrungsstoffe, letzterer durch Wärme. Mironesco fand ein typhusartiges Bakterium bei 36° unbeweglich, bei Zimmertemperatur beweglich. Kossel und Overbeck berichten dasselbe von zwei Stämmen von Bact. pseudotuberculosis rodentium. Stephens fand vorübergehenden Mangel an Bewegung bei einem alten Typhusstamme. T. Ernst sah einen Typhusstamm frisch nach der Isolierung aus einer Typhusträgerin zu wiederholten Malen unbeweglich. Heim berichtet über die vorübergehende

Unbeweglichkeit frisch auf Gelatine isolierter Kolistämme, welche bei 35° zurückgeht. Ich selbst konnte endlich zeigen, daß verschiedene Kolistämme direkt nach ihrer Isolierung aus menschlichen Fäzes eine mehr oder weniger lange Periode der Unbeweglichkeit — zum Teil während vieler Generationen — durchmachten. Meine Angabe bedeutet gegen diejenige von Heim wohl einen Fortschritt, indem sie deutlich zeigt, daß die Unbeweglichkeit nicht an die Temperatur oder an den Nährboden gebunden ist, sondern sowohl bei 22° als bei 36° während einer für jeden Stamm ungefähr feststehenden Zeit besteht, ferner auch, weil ich durch die doppelte Kontrolle jedes Stammes die Beobachtung wohl gegen jeden Einwand sichern konnte. Weiter war es mir möglich, an verschiedenen Stämmen, einem Bact. indicum und mehreren Kulturen von Bact. typhi, paratyphi und coli, durch Schädigungen Bewegungslosigkeit während der Dauer einer bis vieler Generationen hervorzubringen. Diese Schädigung bestand zunächst in einer Erhöhung der Temperatur, dann im Zusatze von Säure und Alkali zum Nährboden. Im Gegensatze zu den früheren meist ganz kurz dauernden Versuchen konnte ich die Unbeweglichkeit für einzelne Stämme mehrere Monate lang unter den ungünstigen Bedingungen beobachten, sah dann aber trotzdem — entweder durch Gewöhnung während des Versuches oder jedenfalls nach Aufhören desselben — die Bewegung immer wieder zurückkehren.

Über das Vorkommen von Geißeln bei solchen temporär unbeweglichen Kulturen differieren die Angaben. Fischer fand dieselben fast immer, die anderen Autoren dagegen, soweit sie sich überhaupt mit der Frage beschäftigen, meist nicht. Ich selbst konnte sowohl bei den frisch isolierten und unbeweglichen Kolistämmen wie bei denjenigen, die durch Wärme unbeweglich gemacht wurden, keine Geißeln finden und sah auch beim Bact. pseudotuberculosis rodentium, das bei 36° unbeweglich wuchs, meist keine. Ich glaube das mit Sicherheit dafür verwerten zu können, daß wirklich keine vorhanden waren; denn in andern Fällen, in denen nur äußerst vereinzelte bewegliche Exemplare bestanden, ließen sich die Geißeln fast ausnahmslos nachweisen.

Neben diesen Angaben sind in dieser Kategorie vielleicht noch diejenigen zu erwähnen, die über teilweises oder „fast vollständiges" Verschwinden der Bewegung berichten. Es handelt sich hauptsächlich um Befunde an alten Sammlungskulturen, daneben auch um Beobachtungen bei verschiedener Temperatur. Hierher rechne ich die Angaben von M i g u l a , M a t z u s c h i t a , K r u s e , B o n h o f f usw. Nach dem Referate im Zentralblatte für Bakteriologie gehört hierher auch die Arbeit von B a r b e r , der durch Auswahl besonders langer Koliindividuen zu einer fast völlig unbeweglichen Rasse kam. Auch ich selbst sah solche fast völlige Unbeweglichkeit öfters, und zwar meist unter denselben Bedingungen wie die vollständige Unbeweglichkeit. Außerdem fand ich sie in Mutationsversuchen teils parallel mit Änderungen der Form und der Wuchsform, zum Teil aber auch ohne jegliche andere Veränderung.

Auf diejenigen hierher gehörigen Angaben, die mir aus oben angeführten Gründen nicht ganz einwandfrei erscheinen, wie die von N i c o l l e und T r e n e l , will ich hier nicht mehr eingehen.

Wichtig ist, daß diese Bewegungslosigkeit, besonders die experimentell erzeugte, fast immer mit anderen Schädigungen morphologischer und biologischer Natur, wie Veränderung der Form, Wachstumsenergie usw., zusammenfällt. Nur die Beobachtung von M i r o n e s c o und die meinige beim Bact. pseudotuberculosis rodentium ergab keine anderen nachweisbaren Schädigungen. Sonst konnte ich das Bestehen von solchen Schädigungen, besonders Wachstumshinderung, in den meisten Fällen bis zum Ende des Versuches mit Sicherheit erkennen. Anders ist es bei den frisch isolierten unbeweglichen Stämmen. Meine Kolistämme wenigstens ließen keine Zeichen von Schwäche bemerken, und den von E r n s t beschriebenen Mangel an Agglutinierbarkeit kann man wohl als Veränderung, aber kaum als Schädigung bezeichnen. Man kann sich dieses Verhalten wohl so erklären, daß es sich in diesen Fällen nicht um eine Schädigung der Stämme auf den künstlichen Nährböden handelt — im Gegenteil sind dieselben wohl für die Typhus-Koligruppe äußerst günstig —, sondern um eine nur langsame Erholung von einer früheren, im Menschen

oder dessen Darm erlittenen Veränderung. Übrigens braucht ja die Beweglichkeit, auch wenn sie eine Schädigung bedeutet, nicht immer von andern sichtbaren Schädigungen begleitet zu sein. Die Bewegungsorgane sind so subtil, die Bewegung ist eine so komplizierte Lebensäußerung, daß man ganz gut denken kann, daß es Schädigungen gibt, welche nur diese einzige Eigenschaft berühren.

Die Rückkehr der Bewegung fällt bei den experimentellen Arbeiten meist mit dem Aufhören der Schädigung zusammen oder folgt diesem sehr schnell, und zwar ist dies auch bei Stämmen der Fall, die, wie die meinen, während vieler Wochen und Monate unbeweglich waren. Etwas länger braucht es zur Erlangung der Beweglichkeit manchmal bei den aus Stuhl isolierten Stämmen. Hier kann die Rückkehr der Bewegung, bei sofort angestellten Übertragungen in kurzen Abständen, nach mehreren Generationen (bei mir einmal erst in der achten Generation, in einem anderen Falle noch später), bei einem Ruhenlassen der Kultur während mehrerer Monate aber bei der ersten Neuimpfung auftreten. Auch bei den durch lange Züchtung auf künstlichen festen Nährböden unbeweglich oder fast unbeweglich gewordenen Arten kann man die Bewegung nach dem Vorbilde von Migula durch häufige Neuübertragung auf passende Nährböden zurückerlangen. Stephens gewann sie bei einem Typhusstamme durch die Tierpassage wieder.

II. Dauernder Verlust der Beweglichkeit scheint zunächst nach den Angaben der Lehrbücher, besonders der medizinischen, nicht allzu selten; betrachten wir aber die einschlägigen Arbeiten näher — und bei einem solchen Thema ist wohl die größte Kritik am Platze —, so sind doch nur recht wenige einwandfreie darunter. (Ich habe das, was mir an den Arbeiten als zweifelhaft auffiel, in jedem Falle schon bei der Literaturangabe bemerkt und kann mich also hier auf eine kurze Wiedergabe beschränken.)

Einwandfrei scheint mir zunächst der von Lehmann und Neumann konstatierte Verlust der Beweglichkeit bei der

Sarcina mobilis Maurea und dem Micr. citreus agilis Menge. Die Unbeweglichkeit wurde im Würzburger Institute seit Jahren von verschiedenen Beobachtern — zuletzt von mir — konstatiert, und es handelt sich aktengemäß um den Stamm, der in den Händen des Autors und anderer beweglich und begeißelt war. Ähnlich sind die Verhältnisse bei dem ebenfalls von Lehmann und Neumann beschriebenen unbeweglichen Micr. agilis Ali-Cohen, wenn auch hier die Identität mit dem Originalstamme von Ali-Cohen nicht so sicher verbürgt ist. Weiter berichtet Migula über vollständigen Verlust der Beweglichkeit als allgemeine Eigenschaft der beweglichen Kokken, gibt aber keine Einzelheit über die Stämme, bei denen er dies beobachtete. Bleiben wir zunächst bei den Sarcinen resp. Mikrokokken, so fand ich weiter bei einer Sarcina mobilis von Sames, Originalkultur aus dem Králschen Institut, einen vollständigen Verlust der Bewegung und Begeißelung; auch hier handelt es sich um eine Art, bei welcher der Autor die Bewegung sicher nachgewiesen und die Geißeln sogar photographiert hat. Auch an einem frisch aus dem Králschen Institute bezogenen Stamme von Micr. agilis Ali-Cohen (wohl demselben Stamme, der im Würzburger Institut weitergezüchtet wird) konnte ich die Unbeweglichkeit bestätigen. Verwechslungen oder Verunreinigungen dieser Stämme sind dadurch mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen, daß die übrigen Eigenschaften, besonders die Farbe, bei den Stämmen erhalten sind (dies gilt allerdings nicht für die Form der Individuen und Größe der Pakete, über deren Veränderung wir weiter unten noch zu sprechen haben).

Die einzige weitere, mehr oder weniger einwandfreie Beobachtung über dauernden Verlust der Bewegung scheint mir die von Graßberger am Rauschbrandbazillus gemachte zu sein, dessen „denaturierter Typus" unter anderm auch die Beweglichkeit verloren hat. Bei der so vielfach konstatierten Veränderlichkeit der Anaerobier erscheint eine solche Angabe durchaus wahrscheinlich; allerdings wird sie durch die Autorität von Hiblers bestritten, da dieser Autor den denaturierten Typus für eine Verunreinigung erklärt. Leider fehlen auch Angaben darüber,

ob das Andauern dieses Zustandes lange Zeit, etwa jahrelang, beobachtet wurde. Eine Bestätigung nach der einen oder anderen Richtung wäre also jedenfalls erwünscht.

Die von Bernhardt und Ornstein bestimmt gemachte Angabe, daß von Typhus- und Cholerastämmen dauernd unbewegliche Varietäten durch Mutation entstehen können, bedarf wohl ebenfalls der Bestätigung. Daß ich selbst aus alten Kulturen der Typhusgruppe oder aus Kulturen, die einer Temperatur von 45° ausgesetzt waren, keine vollständige Unbeweglichkeit — trotz mutationsartiger Veränderungen — erhielt, beweist natürlich nichts gegen die positiven Angaben dieser Autoren. Man braucht dagegen nur zu sagen, daß ihre Stämme eben zufällig im Stadium der Mutation nach der Richtung der Unbeweglichkeit hin waren, meine dagegen nicht; aber meine Ergebnisse mit Stamm C 17, bei dem ich Abkömmlinge erhielt, die ich teilweise nur durch wiederholte, äußerst genaue Beobachtung als beweglich erkennen konnte — neben sehr gut beweglichen Bruderstämmen —, mahnen doch sehr zur Vorsicht; denn diese „mutierten" Stämme, bei denen unter vielen Hunderten von Stäbchen in der Zeit des besten Wachstums vielleicht eines leichte Bewegung zeigte, wurden nach wenigen Abimpfungen mit steter Auswahl der am schlechtesten beweglichen Kolonien schnell und allgemein beweglich. Bevor also genauere Angaben über solche mutierten Stämme vorliegen, möchte ich sie jedenfalls nicht zu den absolut gesicherten, dauernden Veränderungen rechnen.

Vielleicht gehört hierher noch die unter der vorigen Ziffer zitierte Arbeit von Villinger, da er durch Auslese der am stärksten durch Hitze geschädigten Kolonien unbewegliche Stämme erhielt, die sich nicht mehr erholten (im Gegensatze zu der Mehrzahl, welche prompte Erholung zeigte); doch schreibt Villinger nicht, wie lange er diese Stämme beobachtete und ob sie überhaupt lebensfähig waren.

Die Angabe von Barber aus dem vorigen Abschnitte möchte ich aus den dort zitierten Gründen, im Gegensatze zu mehreren Lehrbüchern, jedenfalls nicht hierher rechnen.

Eine experimentell erzeugte dauernde Unbeweglichkeit an Stämmen, welche auf unseren Nährböden günstige Verhältnisse finden, scheint mir also noch nicht mit genügender Sicherheit bewiesen.

Sehen wir uns nach den Gründen der dauernden Unbeweglichkeit um, so wird hier noch deutlicher als bei der temporären, daß es sich — wenn wir vorerst die Mutation unbesprochen lassen — um Veränderungen durch ungünstige Umstände handelt. Bei den Sarcinen finden wir, soweit ich es beobachten konnte, den Verlust der Bewegung stets mit anderen deutlichen Degenerationserscheinungen einhergehen. Zunächst fiel mir bei der Beobachtung der Sarcina mobilis Maurea auf, daß es sich überhaupt nicht um eine Sarcine, sondern um einen sehr kleinen und unregelmäßig zusammenhängenden oder einzeln liegenden Mikrokokkus handelte. Bei den von Král bezogenen Stämmen (Versuch 5) zeigte es sich dann deutlich, daß alle diejenigen, welche die Bewegung erhalten hatten, typische Sarcinen mit großen Einzelindividuen und schöner Würfelbildung waren, die anderen, nämlich die Sarcina mobilis Sames und der Micr. agilis Ali-Cohen (auch dieser soll ja nach Migula Sarcinenform gehabt haben und wird von Migula als Planosarcina aufgeführt), zeigten dieselben minimen und unregelmäßig verteilten Kokken, also offenbar eine starke Degeneration. Warum allerdings die einen Sarcinen degenerieren, die anderen dagegen Form und Beweglichkeit in den Sammlungen jahrzehntelang erhalten, läßt sich wohl kaum ergründen — am plausibelsten schiene mir noch die Erklärung, daß es sich bei diesen degenerierten Formen meist um Wasserbewohner handelt, denen die Konsistenz und der Nahrungsreichtum unserer Nährböden weniger zusagen als den übrigen, die teilweise, wie die Sarcina pulmonum, ähnliche Verhältnisse gewöhnt sein mögen.

Migula gibt bei seinen Planosarcinen ebenfalls an, daß es sich beim Verluste der Beweglichkeit um Degeneration handle, eine Angabe über andere Degenerationsmerkmale kann ich aber bei ihm nicht finden.

Deutlich ist die Degeneration beim unbeweglichen Rauschbrandbazillus, geht sie doch hier mit anderen Merkmalen, wie

Verlust der Sporenbildung usw., einher, und ist es hier doch klar, daß es sich um eine Schädigung durch das Wachstum auf künstlichen Nährböden handelt.

Nicht ohne weiteres ist eine Schädigung bei den sog. Mutationen deutlich, falls diese überhaupt hierher gehören; wenn wir uns aber die Bedingungen vergegenwärtigen, unter denen diese Mutationen vorkommen, also Abimpfung aus besonders alten oder geschädigten Kulturen, Aussaat nach Tierpassagen usw., so dürfte es sich auch hier bei den unbeweglichen Formen um die Nachkommen einzelner geschädigter Individuen handeln; um so wahrscheinlicher wäre dann allerdings meine Annahme, daß die Schädigung nicht dauernd anhält, sondern daß sich einzelne oder alle Nachkommen auf günstigen Nährböden wieder erholen dürften.

III. Angaben über temporäre Erwerbung der Beweglichkeit wurden von mehreren Autoren gemacht, von Mühlmann über Dysenterie, von Arloing und Courmont sowie Král und Dubard über Tuberkelbazillen und ganz besonders von Ellis.

Betrachten wir zuerst die Angaben von Ellis und A. Meyer, daß sämtliche Kokken und Bakterien nach mehrfachen Überimpfungen auf passende Nährböden Beweglichkeit zeigen, die sie vorher, etwa infolge von Schleimbildung, vermissen ließen, so ist diese Angabe, zu deren Nachprüfung von verschiedenen Seiten aufgefordert wird, durch meine wiederholten Versuche mit Sarcinen-, Mikrokokken- und Kolistämmen wohl so eingehend widerlegt, daß sie kaum noch einer ausführlichen Besprechung bedarf. Genau widerlegen läßt sich natürlich nur die Verallgemeinerung; ich möchte aber doch kurz die Frage anregen, wie Ellis zu seinen Angaben kam. Daß er zum Teil mit beweglichen Stämmen arbeitete, ist, wie oben gesagt, sicher; wenn er aber angibt, daß er überall Geißeln färben konnte, so ist doch anzunehmen, daß er hier teilweisen Täuschungen unterlag. Nach seinen Zeichnungen handelt es sich zum Teil wohl sicher um Schleimfäden, wie sie Hinterberger beim Milzbrandbazillus als „Pseudogeißeln" beschrieb und wie ich sie gerade bei unbeweglichen Sarcinen mehr-

fach fand. Im Gegensatze zu den mehr oder weniger regelmäßig geschlängelten Geißeln, die auch in ihrer Länge eine ziemliche Gleichmäßigkeit zeigten, sah man dann netz- oder bogenförmige Zeichnungen ohne die charakteristische Schlängelung und meist von großer Länge, welche oft von einer Zelle zur andern gespannt und manchmal so scharf begrenzt waren wie die Geißeln von Kontrollpräparaten. Es handelt sich offenbar um Eintrocknungsprodukte von Schleim, und diese Pseudogeißeln, wenn man sie so nennen will, waren auch nur bei schleimbildenden Formen vorhanden. Daß endlich Molekularbewegung und Bewegung schon von vielen Forschern (man denke an das Bact. pestis, dysenteriae, den Bacillus anthracis, das Corynebacterium mallei, Mycobacterium tuberculosis usw., die alle schon als beweglich beschrieben wurden!) verwechselt worden sind, ist bekannt, und wenn Ellis von zitternder Bewegung der Sarcinen spricht, so kann das wohl nur Molekularbewegung sein.

Ähnlich steht es wohl mit den übrigen Angaben dieses Abschnittes. Die Beobachtung von Mühlmann, daß das Bact. dysenteriae auf alkalischen Nährböden temporär beweglich werde, konnte weder von Bernhardt noch von mir bestätigt werden, und da Mühlmann zugibt, daß sich an seinen „beweglichen" Bakterien keine Geißeln färben ließen, scheint mir seine Angabe nicht zuverlässig.

Die Angabe von Arloing und Courmont über die Bewegung von Tuberkelbazillen wurde von C. Fraenkel widerlegt, und da sie ebenso wie diejenige von Král und Dubard keine Angaben über Geißeln macht, so kann sie nicht als genügend fundiert gelten.

IV. Über dauernde Annahme der Beweglichkeit endlich existiert nur eine zuverlässige Beobachtung, nämlich diejenige von Lehmanns Schülern, Boettcher und Zierler, über den Bacillus implexus. Hier ist so wenig an der früheren Unbeweglichkeit wie an der späteren Bewegung zu zweifeln. Verschiedene Autoren haben sich nun darüber ausgesprochen, ob es sich hier wohl um eine neu erworbene Eigenschaft dieses

Bazillus handle oder um Rückkehr einer verlorenen Fähigkeit. Eine genaue Bestätigung für die eine oder andere dieser entgegengesetzten Meinungen ist unmöglich. Nachdem wir aber oben gesehen haben, daß eine Unbeweglichkeit bei vielen Bakterien während Generationen, teils infolge von sichtbaren Schädigungen, teils infolge anderer, für uns nicht bemerkbarer, vorkommen kann, nachdem wir ferner gesehen haben, daß viele oder alle Bakterien sich z. B. nur innerhalb einer gewissen Temperaturskala (Säure- resp. Alkaliskala usw.) bewegen, sich aber später auch an andere Temperaturen (Säuregrade usw.) gewöhnen können, so liegt es wohl am nächsten, diese Beobachtung so zu erklären, daß der Bazillus sich während Generationen infolge einer uns unbekannten Schädigung nicht — oder nicht merklich — bewegte und erst nach langer Zeit die Fähigkeit, sich zu bewegen, wieder erlangte.

Wir können also wohl alle Beobachtungen über Wechsel der Bewegung auf die banale Tatsache reduzieren, daß die beweglichen Bakterien, teils infolge von sichtbaren Schädigungen, teils unter Umständen, die für uns nicht erkennbar sind, ihre Bewegung zeitweise oder — anscheinend — dauernd einstellen. Und zwar geschieht dies nicht nur, wie wir es täglich beobachten können, für Stunden oder für kurze Generationen, sondern für Monate und Jahre, während viele andere Lebensäußerungen und besonders die Vermehrungsfähigkeit erhalten bleiben.

Wenn wir aber die Veränderlichkeit anderer Eigenschaften der Bakterien, der Form, der Wuchsform, der Sporenbildung, der Farbbildung, der Aero- oder Anaerobiose, der Virulenz, Toxinbildung usw., berücksichtigen, bei denen wir täglich an Laboratoriumsstämmen sehen, daß sie verloren gehen oder wechseln, so müssen wir sagen, daß die Beweglichkeit und Begeißelung eine der konstantesten Eigenschaften ist, da sie bei jahrelang fortgezüchteten Stämmen nur sehr selten wechselt

und offenbar fast nur bei solchen, welche die Bedingungen unserer Kulturen schlecht ertragen.

Sollen wir das nun Variabilität nennen? Nach der obigen Feststellung lautet die Frage nicht mehr, ob es eine Veränderung dieser Eigenschaften gibt, sondern ob wir die sicher nachgewiesenen Veränderungen als Variabilität benennen, ob wir die veränderten Bakterien als neue Formen, Varietäten, ev. gar neue Spezies, ansehen wollen.

Wir wollen uns nicht mit der unfruchtbaren Frage beschäftigen, ob es sich um fluktuierende Variation oder Mutation, Modifikation oder Transformation handle. Alle diese Ausdrücke sind für Arten mit geschlechtlicher Fortpflanzung geprägt und haben für Bakterien, bei denen wir von „Vererbung" nicht mit Recht sprechen können, kaum eine Berechtigung. Speziell gilt dies, wie wohl Pringsheim zuerst hervorhebt und wie die neueren Forscher immer mehr zugeben, für den Ausdruck Mutation. Bei dem Vorgange, der bei den Bakterien so bezeichnet wird, handelt es sich zunächst nicht um eine Änderung aus „innern" und unbekannten Ursachen, sondern gerade beim Bact. coli mutabile, wie Burri zeigen konnte, um eine Anpassung; weiter können wir hier den Begriff des „Sprunghaften", der zur Mutation gehört, nicht anwenden; denn, wie Pringsheim bemerkt, hat ein Bakterium die Fähigkeit der Zuckervergärung, oder es hat sie nicht (wir können anschließen: es hat die Eigenschaft der Beweglichkeit, oder sie fehlt ihm). Übergänge sind hier nicht denkbar.

Bei unserer Frage könnten wir noch am ehesten von Modifikation oder Transformation (die unvererbbaren resp. vererbbaren, durch äußere Einflüsse hervorgerufenen Veränderungen der höheren Organismen) sprechen, doch sind auch diese Ausdrücke nicht völlig am Platze. Zunächst können wir von einem Bakterium, das sich unter gewissen Umständen nicht bewegt, gar nicht sagen, ob es wirklich die Fähigkeit der Bewegung vollständig verloren hat, wir können dies nicht einmal mit Sicherheit behaupten, wenn wir keine Geißeln finden; denn, wie wir sahen, stellen auch die bestbeweglichen Bakterien unter gewissen Um-

ständen die Bewegung ein, sie bilden hier temporär auch keine Geißeln aus, ohne daß damit die ihnen innewohnende Fähigkeit zur Bewegung verloren ist.

Im Grunde können wir eigentlich nur von „unbeweglichen Formen beweglicher Bakterien" sprechen; sehen wir allerdings die Art des Zustandekommens der Unbeweglichkeit und die begleitenden Umstände näher an, so liegt es wohl am nächsten, von Degenerationsformen zu reden. Villinger, einer der ersten Untersucher dieses Phänomens, spricht bei seinem unbeweglichen Kolistamme von Verkümmerung und von äußerst langsam wachsenden und verkrüppelten Gestalten. Ich selbst fand bei den experimentell geschädigten Stämmen den Mangel an Bewegung mehrfach mit starker Degeneration der Form und fast immer mit Einschränkung des Wachstums einhergehen. Besonders deutlich ist die Verkümmerung auch bei den kleinen und unregelmäßig gelagerten Abkömmlingen der beweglichen Sarcinen, welche die Bewegung verloren haben. Aber wie ich oben hervorgehoben habe, kann man auch ohne bemerkbare andere Veränderungen den Verlust einer Eigenschaft, der erfahrungsgemäß meist unter ungünstigen Bedingungen eintritt, wohl als Degeneration infolge erkennbarer oder nicht erkennbarer äußerer Bedingungen erklären. So ist es auch selbstverständlich, daß eine Regeneration beim Aufhören der Schädigung oder schon früher durch Gewöhnung möglich ist. Auch den scheinbar spontan auftretenden „mutationsartigen" Verlust der Beweglichkeit können wir, wie ich oben gezeigt habe, meist auf eine vorhergegangene Schädigung zurückführen; wo dies nicht möglich ist, müssen wir uns doch bewußt sein, daß wir wohl lange nicht alle Schädigungen kennen, die ein Bakterium treffen können.

Noch eine andere Erklärung als diejenige der Degeneration schiene mir zulässig: Mehrere Forscher, besonders Migula, Alfred Fischer und Gottheil, machen darauf aufmerksam, daß die sporentragenden Stäbchen anfangs begeißelt und beweglich sind, zur Zeit der Sporenentwicklung aber nicht mehr. Allerdings muß ich Artur Meyer recht geben, wenn er findet,

daß das vollständige Fehlen der Begeißelung in diesem Zustande eigentlich nicht sicher bewiesen ist. Es existieren vereinzelte Angaben über sporentragende und bewegliche Stäbchen bei mehreren Bazillen, und bei denjenigen mit endständigen Sporen, wie dem Bac. sphaericus, sah ich das sogar recht häufig. Wenn es also vielleicht zu weit geht, aus Analogie mit höheren Organismen bei sämtlichen Bazillen einen Gegensatz zwischen begeißelten „Schwärmern" und unbegeißelten „Ruhestäbchen" zu bilden, so sind doch solche Verhältnisse bei den Fadenbakterien sicher vorhanden. Sowohl den „Schwärmern" als den bewegungslosen Individuen der Bazillen und Fadenbakterien wohnt nun das Vermögen zur Vermehrung inne — man erinnere sich an die Menge von beweglichen Individuen, die vom Bac. subtilis unter günstigen und die langen Ketten und Fäden, die unter weniger günstigen Verhältnissen gebildet werden und die Haut ausmachen.

Wenn man nun Hypothesen aufstellen will, so könnte man annehmen, daß bei einzelnen Bakterienarten unter den uns geläufigen Bedingungen nur das Schwärmstadium, bei andern nur das Ruhestadium vorkommt oder häufiger ist, und daß der Verlust oder die Annahme der Beweglichkeit eigentlich nur ein Wechsel zwischen physiologischen Zuständen sei.

In beiden Fällen, ob wir nämlich ein unbewegliches, aber aus einem beweglichen hervorgegangenes Bakterium als Degenerationsform oder als einen durch die normale Entwicklung bedingten Zustand ansehen, welche sich unter Umständen wieder erholen resp. verändern könnten — und das ist doch z. B. auch bei den jahrzehntelang in Sammlungen fortgezüchteten Sarcinen nicht ausgeschlossen — ist es klar, daß wir ein solches Bakterium nicht als neue Form oder Art aufstellen werden. Wenn wir also ein bekanntes Bakterium unter unsern Händen unbeweglich werden sehen, ev. bei gut erhaltenem Wachstum, so würden wir uns wohl scheuen, es nun mit einem neuen Namen zu belegen. Etwas schwieriger liegt die Frage, wenn sich zwei Arten nur durch die Beweglichkeit unterscheiden, und das eine verliert die Beweglichkeit. Hier muß es der individuellen Meinung — ich möchte mit Benecke sagen, dem Takte — des Untersuchers

überlassen sein, ob er daraufhin die beiden Arten identifizieren will oder nicht; denn auch von der unbeweglichen könnte man ja behaupten, sie habe vielleicht die Bewegung schon früher verloren, oder sie werde sie vielleicht einmal zeigen.

Im allgemeinen möchte ich aber der Meinung von Migula beipflichten, daß man ein bewegliches und ein unbewegliches Bakterium nicht miteinander identifizieren darf, weil man keine andern Unterscheidungsmerkmale findet, und daß man daher auch ein Bakterium, welches einmal Bewegung gehabt hat und dem sie vielleicht temporär oder dauernd verloren gegangen ist, nicht mit einem solchen identifizieren darf, welches dauernd unter denselben Umständen unbeweglich war. Daß die Unterscheidung vielleicht schwierig ist, darf den Systematiker wohl nicht hindern, sie zu suchen.

Da ich in einem weiteren Teile dieser Arbeit auf die Frage der Verwertung der Begeißelung für die Systematik zurückkommen werde, beschränke ich mich hier auf diese Andeutungen und möchte nur jetzt schon meine Meinung hervorheben, daß die Bewegung und Begeißelung — trotz einzelner Veränderungen — als eines der konstantesten Merkmale jedenfalls einen der besten Anhaltspunkte für die Systematik bilden. Ob es praktisch ist, darum nächstverwandte Arten zu trennen, nur weil die eine beweglich, die andere unbeweglich ist, wie dies einige Systeme tun, ist eine andere Frage.

Auf einen andern Punkt muß ich hier noch kurz eingehen, nämlich auf die Art der Begeißelung. Eingangs erwähnte ich mehrere Angaben der Lehrbücher, welche mehr oder weniger bestimmt sagen, daß eine Veränderlichkeit des Typus der Begeißelung (polare oder peritriche Begeißelung) wohl nicht vorkomme. Auch ich kann keine Angabe darüber finden und möchte daher annehmen, daß dieser Unterschied eines der allerkonstantesten Merkmale in der Bakteriologie ist, dessen Wert für die Systematik nicht hoch genug angeschlagen werden kann.

Zum Schlusse möchte ich noch auf die praktische Konsequenz meiner Arbeit hinweisen, nämlich darauf, daß man ein Bakterium gar nicht lange genug unter den verschiedensten Bedingungen untersuchen kann, bevor man behaupten darf, daß es unbeweglich ist. Dies gilt sowohl für Schwierigkeiten in der Diagnose, die einem etwa ein temporär unbeweglicher Typhusstamm usw. machen kann, als auch ganz besonders, wenn man im Sinne hat, neue Arten oder „unbewegliche" Varietäten zu beschreiben.

Literaturverzeichnis.

Ali-Cohen, Eigenbewegung bei Mikrokokken. Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., Orig.-Bd. 6 (1889), S. 33.

Arloing und Courmont, Z. f. Tub., Bd. 1, S. 11 (zit. nach Fraenkel).

Barber, On heredity in certain micro-organisms. Kansas University Science Bullet. Vol. 4 (1907), Nr. 3 (ref. Centralbl. f. Bakteriol., II. Abt., Bd. 23, S. 221).

Benecke, Bau und Leben der Bakterien. B. G. Teubner 1912.

Bernhardt, G., Beiträge zur Morphologie und Biologie der Ruhrbakterien. Z. f. Hyg., Bd. 71 (1912), S. 229.

Bernhardt und Ornstein, Über Variabilität pathogener Mikroorganismen. Berl. klin. Wochenschr. 1913, S. 16.

Boettcher, Studien über Bacillus implexus und mycoides, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Beweglichkeit. I. D. Würzburg 1897.

Bonhoff, Untersuchungen über intraperitoneale Cholerainfektion usw. Arch. f. Hyg., Bd. 22 (1895), S. 28.

Burri, Zur Frage der „Mutationen" bei Bakterien der Koligruppe. Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., Orig.-Bd. 54 (1910), S. 210.

Delbanco, Über die Pseudotuberkulose der Nagetiere. Z. Beitr., Bd. 20 (1896), S. 477.

Ellis, Der Nachweis von Geißeln bei allen Coccaceen. Centralbl. f. Bakteriol., II. Abt. Bd. 9 (1902), S. 546.

Ellis, On the discovery of cilia in the genus Bacterium. Centralbl. f. Bakteriol., II. Abt. Bd. 11 (1904).

Ernst, T., Über einen anfangs atypischen Typhusstamm. Arb. Inst. f. exp. Ther. Frankfurt, H. 4 (1908), S. 57.

Ferrier, Considérations générales sur le pléomorphisme des cils vibratiles etc. Arch. de Méd. exp. T. 7 (1895), p. 58.

Fischer, Alfred, Vorlesungen über Bakterien, II. Auflage. Jena 1903.

Fischer, Alfred, Untersuchungen über Bakterien. Pringsheims Jahrb. f. wissensch. Bot., Bd. 27 (1895), S. 1.

Fischer, O., Ein unbeweglicher Typhusstamm. Klin. Jahrbuch, Bd. 22 (1910), S. 311.

Fraenkel, C., Untersuchungen über die Serumdiagnose der Tuberkulose usw. Hyg. Rundsch. 1900, S. 630.

Fried, Eugen, Biologische Studien über die Eigenbewegung der Bakterien. I.-D. phil. Würzburg 1902.

Germano und Maurea, Vergleichende Untersuchungen über den Typhusbazillus usw. Zieglers Beiträge, Bd. 12 (1893), S. 494.

Gotschlich im Handbuch der pathogenen Mikroorganismen von Kolle und Wassermann, II. Aufl. 1913. S. 160.

Gottheil, Botanische Beschreibung einiger Bodenbakterien. Centralbl. f. Bakteriol., II. Abt. Bd. 7, S. 459.

Graßberger, Über Buttersäuregärung. Arch. f. Hyg., Bd. 48 (1903), S. 1.

Graßberger, Über Anpassung und Vererbung bei Bakterien. Arch. f. Hyg., Bd. 53 (1905), S. 158.

Heim, Lehrbuch der Bakteriologie, IV. Aufl. 1911.

v. Hibler, Untersuchungen über die pathogenen Anaeroben. Gust. Fischer, Jena 1908.

Hinterberger, Einiges zur Morphologie des Milzbrandbazillus (Kapseln, Hüllen, eigentümliche Fäden). Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt. Bd. 30 (1901), S. 417.

Král et Dubard, Etude morphologique et biologique sur le bacillus tuberculosis piscium. Revue de la Tuberculose, p. 129 (ref. nach Baumgartens Jahresber. 1898, S. 468).

Kruse, Allgemeine Mikrobiologie. Leipzig 1910.

K. B. Lehmann, Einige Bemerkungen zur Geißelfrage. Arch. f. Hyg., Bd. 34 (1899), S. 199.

K. B. Lehmann, Notiz über den Bacillus mycoides. Arch. f. Hyg., Bd. 35 (1899), S. 10.

K. B. Lehmann und Fried, Beobachtungen über die Eigenbewegung der Bakterien. Arch. f. Hyg., Bd. 46 (1903), S. 311.

Lehmann und Neumann, Atlas und Grundriß der Bakteriologie, I. Aufl. 1896 u. ff.

Matzuschita, Der Einfluß der Temperatur und Ernährung auf die Eigenbewegung der Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., II. Abt. Bd. 7 (1901), S. 209.

Maurea, Über eine bewegliche Sarcine. Centralbl. f. Bakteriol., Bd. 11 (1892), S. 228.

Menge, Über einen Mikrokokkus mit Eigenbewegung usw. Centralbl. f. Bakteriol., Bd. 12 (1892), S. 49.

Meyer, Artur, Kurze Mitteilung über die Begeißelung der Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt. Orig.-Bd. 31 (1902), S. 737.

Meyer, Artur, Die Zelle der Bakterien. Jena 1912.

Migula, System der Bakterien, Bd. 1 (1897), Bd. 2 (1900).

Migula, Lafars Handbuch der technischen Mykologie, Bd. 1 1904.

Mironesco, Über eine besondere Art der Beeinflussung von Mikroorganismen durch die Temperatur. Hyg. Rundsch. 1899, S. 961.

Mühlmann, Untersuchungen über Dysenterie usw. Arch. f. Hyg., Bd. 69 (1909), S. 401.

Nicolle et Trenel, Recherches sur le phénomène de l'agglutination usw. Annales Inst. Pasteur 1902, p. 562.

Nocart, zit. nach Preisz.

Pfeiffer, zit. nach Preisz.

Preisz, Recherches comparatives sur les pseudotuberculoses bacillaires usw. Ann. Inst. Pasteur 1894, p. 231.

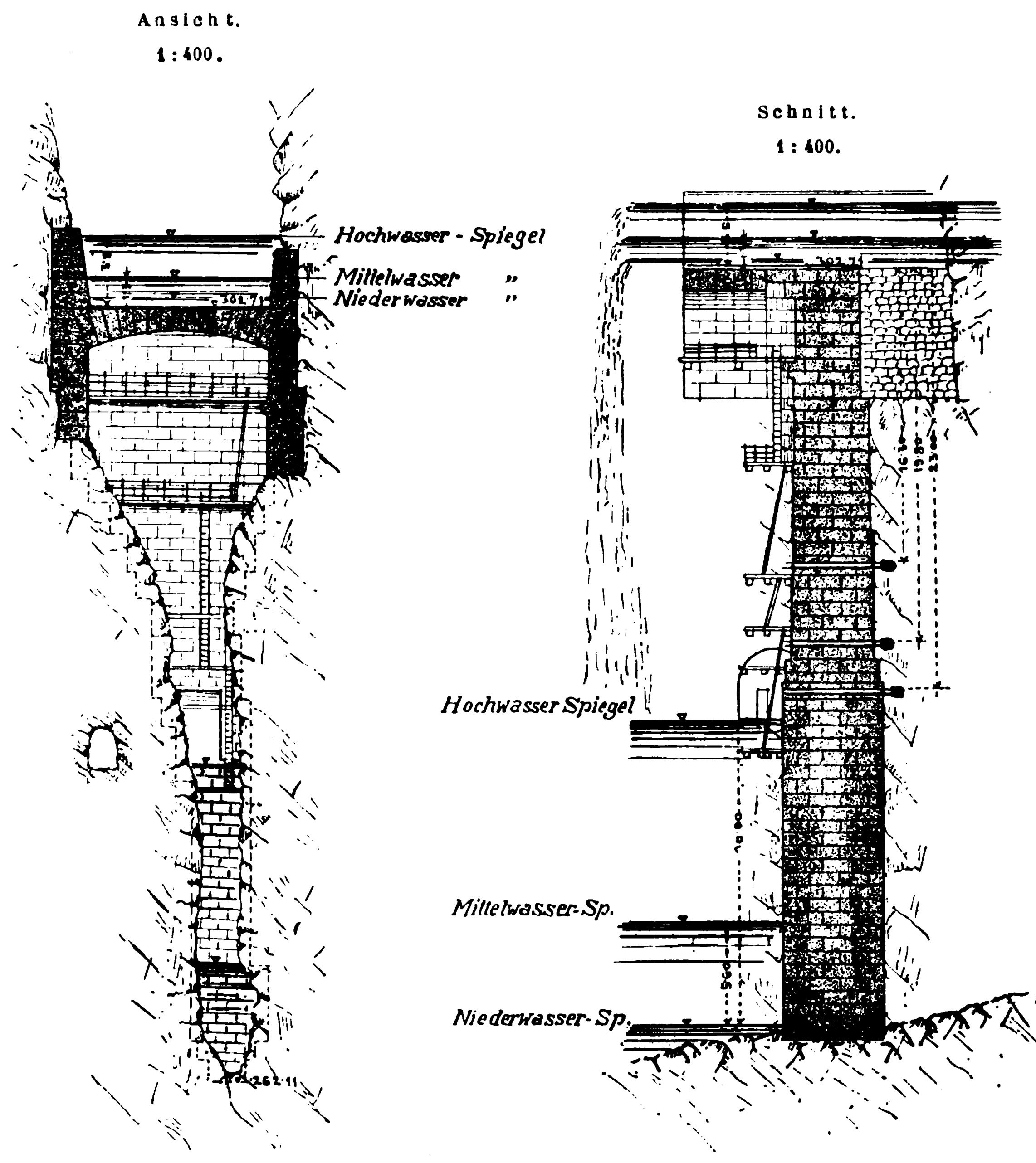
Pringsheim, Hans, Die Variabilität niederer Organismen. Berlin, J. Springer. 1910.

Stephens, Non-flagellate typhoid bacilli. Thompson Yates and Johnston Laborat. Rep. vol. 6, p. 125 (ref. Baumgartens Jahresber. 1905, S. 298).

Villinger, Über die Veränderung einiger Lebenseigenschaften des Bacterium coli commune durch äußere Einflüsse. Arch. f. Hyg., Bd. 21 (1894), S. 101.

Zierler, Über die Beziehungen des Bacillus implexus Zimmermann zum Bacillus subtilis Cohn usw. Arch. f. Hyg., Bd. 34 (1899), S. 192.

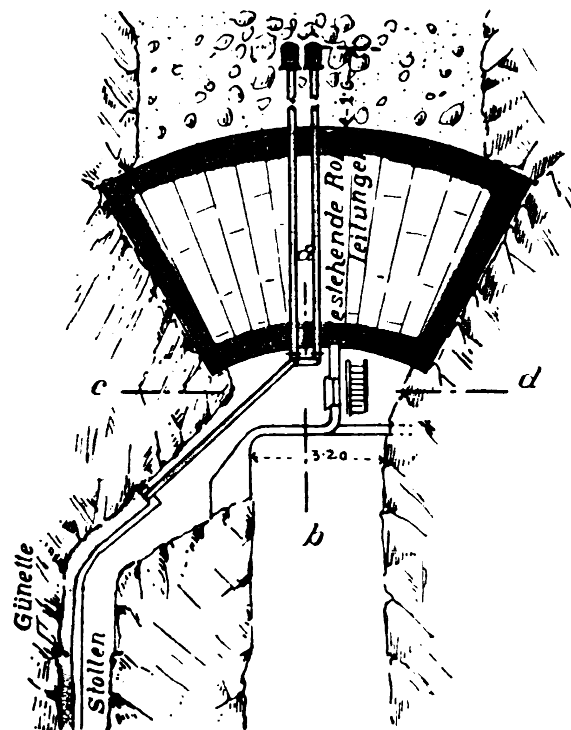
Madruzzasperre.



Druck und Verlag von R. Oldenbourg in München und Berlin.

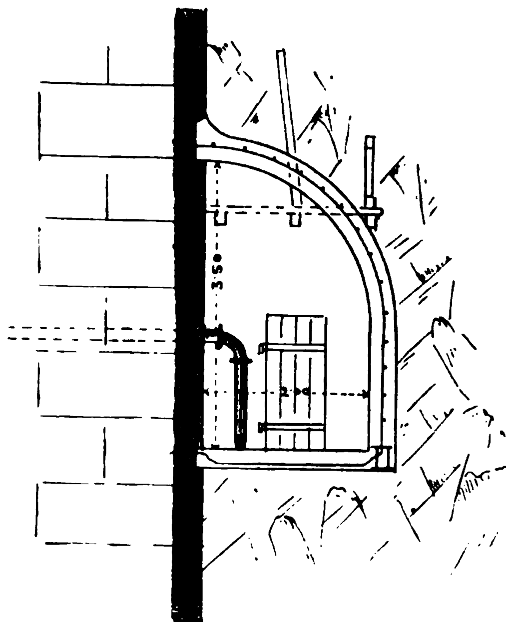
Details für die geplante Wasserfassung aus der Madruzzasperre.

1 : 200.



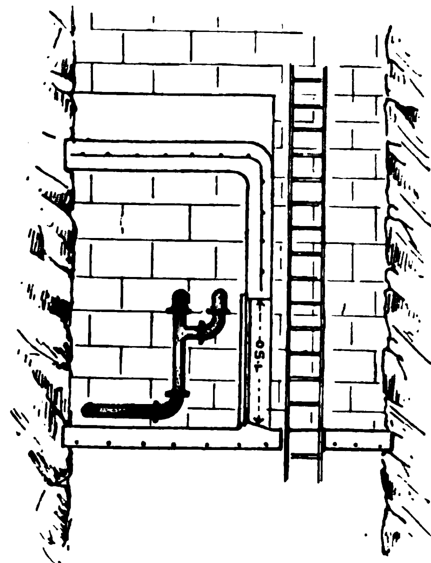
Draufsicht.

1 : 100.



Schnitt a—b.

1 : 100.



Schnitt c—d.

Druck und Verlag von R. Oldenbourg in München und Berlin.

Beitrag zur Kenntnis der Bildung der Immunpräzipitine in Tierkörper.[1]

Von

M. U. Dr. **Josef Roček,**

Assistent am K. K. Hygienischen Institute der böhmischen Universität zu Prag.
(Vorstand: Prof. Dr. G. Kabrhel.)

(Bei der Redaktion eingegangen am 11. April 1914.)

Bei der Erzeugung von Antistoffen, bei denen man eine Blutserumart — namentlich Rinder- oder Pferdeserum — als Antigen benutzt, wird gewöhnlich der von Uhlenhuth-Weidanz angegebene Vorgang verwendet, der darin besteht, daß man einer größeren Anzahl Kaninchen in kurzen Zeitintervallen größere Mengen von Blutserum einverleibt.

Bei größerer Zahl von Kaninchen gelingt es, daß einige von ihnen die auf diese Weise hervorgerufene lebensgefährliche Immunreaktion überstehen.

In der Regel ist dann ein solches Tier nach Ablauf der normalen Reaktionsperiode zur Gewinnung eines hochwertigen, an Präzipitinen reichen Serums sehr gut geeignet.

Bei den Immunisationsversuchen, die den Gegenstand der vorliegenden Arbeit bildeten, wurde ein anderer Weg eingeschlagen, der dadurch charakterisiert ist, daß einesteils mit der neuen Immunisationsgabe immer gewartet wurde, bis die lokalen anaphylaktischen Erscheinungen an der Injektionsstelle völlig

1) Der böhmischen Kaiser-Franz-Josephs-Akademie vorgelegt am 16. Januar 1914. — Nachdem diese Arbeit zum Drucke vorbereitet war, ist eine ähnliche Arbeit, „Schnelle Gewinnung von kräftigen Präzipitinen“ von Dr. Raysky, in der Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten (I. Heft, Bd. 77, 1914) erschienen.

verschwunden sind und das Serum keine Präzipitinreaktion mehr gab, andernteils, daß bei solcher wiederholten Behandlung nach und nach kleinere Serumgaben gewählt wurden.

Bei Benutzung dieser Methodik wurden einige interessante Beobachtungen gemacht, deren nähere Beschreibung in den anzuführenden Versuchen folgen wird.

Zu den ersten zwei Präzipitinerzeugungsversuchen benutzten wir Rinder- und Pferdeserum — genau nach der Vorschrift Uhlenhuth-Weidanz' — nur mit dem Unterschied, daß anstatt einer größeren Anzahl von Tieren je ein Kaninchen zur Immunisation verwendet wurde.

Die betreffende Serumart wurde intravenös in einer Menge von 3 ccm an jedem fünften Tage appliziert.

Das mit Pferdeserum behandelte Kaninchen ging bei der dritten Injektion unter stürmischen Erscheinungen zugrunde, während das mit Rinderserum immunisierte Kaninchen nach der dritten Injektion kein wirksames Serum gab und nach der vierten Injektion einging.

Der Immunisationsvorgang wurde mit Rinder- und Pferdeserum wiederholt. Das Tier wurde einer sorgfältigen Beobachtung unterzogen und sein Gewicht und der allgemeine Zustand genau kontrolliert.

Das Rinderserum.

Graues Kaninchen Nr. 5.

1. III. 1910. Gewicht des Tieres 2450 g. Intravenös wurden 2 ccm Rinderserum injiziert.

Das zu den Injektionen benutzte Serum wurde in dem hiesigen Schlachthause gewonnen. Das aus der geöffneten Halsader ausspritzende Blut wurde nach dem Abfluß der ersten Menge in einem sterilen Glaszylinder aufgefangen. Das im Eisschrank im Laufe von 24 Stunden ausgepreßte Serum wurde bakteriologisch untersucht und immer steril gefunden.

7. III. Gewicht 2605 g. Intravenöse Injektion von 3 ccm.

14. III. Gewicht 2650 g. Intravenöse Injektion von 4 ccm.

Am nächsten Tage fraß das Tier nicht und zeigte im ganzen einen krankhaften Zustand. Sein Gewicht hat sich auf 2430 g vermindert. Im Laufe von 3 Tagen hat sich das Tier ziemlich erholt, worauf wieder eine plötzliche Abnahme des Gewichtes bis auf 2200 g zum Vorschein kam.

22. III. Gewicht 2400 g. Aus der Ohrvene 2 ccm Blut entnommen. Mit dem gewonnenen Serum wurde Präzipitinreaktion vorgenommen.

Das Resultat derselben ist in der nachfolgenden Tafel I zusammengestellt.

Tafel I.

Das Rinderserum verdünnt:	Zur Reaktion benutzte Menge	Präzipitin	
1 : 100	1	0,1	Momentane intensive Trübung
1 : 500	1	0,1	
1 : 1000	1	0,1	
1 : 5000	1	0,1	Trübung nach 3 Min.
1 : 10 000	1	0,1	Negativ

Bei Durchführung der Reaktion wurde die von Uhlenhuth-Weidanz eingeführte Originaleinrichtung verwendet. Das Antigen wurde nach System 1, 5, 10 verdünnt und immer in einer Menge von 1 ccm benutzt. Das geprüfte Präzipitin wurde mit präzisen Pipetten mit Gesamtinhalt von 0,1 ccm in einer Menge von 0,1 ccm zugesetzt. Die Reagenzgläser wurden in ein Thermostat von 37° C gebracht und in kurzen Zeitintervallen kontrolliert. Nach einer Stunde wurden dieselben herausgenommen und bei Zimmertemperatur belassen.

Zur Qualifikation des Reaktionsergebnisses wurde verwendet:

1. Die zur Reaktion nötige Zeit.

2. Der Umfang der Reaktion, das ist die größte Verdünnung des Antigens, in der die Reaktion noch positiv ausfällt (ohne Rücksicht auf die Zeit).

3. Die Intensität der Reaktion, das ist die Stärke der entstandenen Trübung.

Ad 2 und 3. Diese Ergebnisse wurden 2 Stunden nach der Vornahme der Reaktion abgelesen. (Eine Stunde im Thermostat, eine Stunde bei Zimmertemperatur.)

Der oben angegebene Qualifizierungsmodus wurde durch die Beobachtungen angeregt, daß die Ab- und Zunahme der diesbezüglichen, von den entsprechenden Faktoren abhängigen Reaktionserscheinungen nicht immer parallel vor sich ging, so daß zur richtigen Beurteilung der Reaktion die Kenntnis der drei angeführten Größen nötig erschien.

In Anbetracht des in Tafel I angeführten Ergebnisses hat man mit weiteren Injektionen begonnen. An demselben Tage wurden dem Tiere 4 ccm des Rinderserums intravenös und am 30. III. 3 ccm Serum subkutan injiziert, worauf nach sechs Tagen wieder eine kleine Blutmenge zur Präzipitinreaktion aus der Ohrvene entnommen wurde.

Das Ergebnis dieser Reaktion zeigte keinen wesentlichen Unterschied von demjenigen der vorherigen Reaktion. Es entstand nämlich eine momentane Trübung bis zur Verdünnung 1 : 1000; in der Verdünnung 1 : 5000 erschien dieselbe nach 2 Minuten. In der Verdünnung 1 : 10 000 war keine Trübung zu konstatieren.

Nach der letzten Injektion zeigte sich an der Einstichstelle eine zirkumskripte, harte Infiltration, wie wir sie oft bei einer andern Gelegenheit, und zwar bei der Kaninchenimmunisation mit Rizin, beobachteten und als lokale

anaphylaktische Erscheinungen und ein Zeichen, daß mit den Injektionen aufzuhören ist, zu betrachten gewöhnt waren. Dies ist auch in dem vorliegenden Falle geschehen.

Seit dieser Zeit besserte sich allmählich der körperliche Zustand des Tieres. Nach einem Monate erreichte sein Gewicht 2700 g, und die erwähnte Infiltration auf der Einstichstelle verschwand vollständig.

Gleichzeitig ist im Laufe dieser Zeit das Präzipitationsvermögen seines Serums auf Null gesunken, was die Präzipitinreaktion mit dem am 27. V. entnommenen Serum, die in jeder Richtung negativ ausfiel, dokumentiert.

An diesem Tage wurden wieder dem Tiere 3 ccm Rinderserum intravenös injiziert.

Fünf Tage später — also am 1. VI. — wurde eine Blutprobe aus der Ohrvene entnommen.

Bei der Präzipitinreaktion mit dieser Blutprobe erschien ein überraschender Immunisationseffekt, dessen Titer — insofern die momentane zum Vorschein kommende Reaktion als Ausgangspunkt des Vergleiches genommen wird — 20 mal höher geschätzt werden kann, als derselbe überhaupt vorher bei diesem Tiere erreicht wurde.

Sieht man beim Vergleich des Umfangs der Reaktion von der Zeit ab, so zeigt sich der jetzt erreichte Immunisationseffekt 64 mal höher wie früher.

Gleiche Präzipitationswirkung zeigt auch die Blutprobe vom 6. VI., deren Reaktionsergebnis in der Tafel II eingetragen ist.

Tafel II.

Rinderserumverdünnung:	Ergebnis:
1 : 100	Momentane sehr intensive Trübung.
1 : 500	
1 : 1000	
1 : 5000	
1 : 10 000	
1 : 20 000	
1 : 40 000	Intensive Trübung nach 3 Min.
1 : 80 000	Trübung nach 6 Min.
1 : 160 000	
1 : 320 000	Leichte Trübung nach 13 Min.

In Anbetracht des günstigen Resultates dieser Präzipitinreaktion wurde dem Tiere eine bedeutende Blutmenge (ca. 30 ccm) aus der Ohrvene entnommen. Das aus diesem Blute gewonnene und in sterilen zugeschmolzenen Glasphiolen vorrätig, ohne Zusatz eines Antiseptikums, gehaltene Blutserum blieb fast zwei Jahre genügend wirksam.

Bei dieser Gelegenheit wurde gleichzeitig die Wirkung des großen Blutverlustes auf den Präzipitintiter kontrolliert, und zwar derart, daß zwei Stunden nach dem vollzogenen Blutverluste eine kleine Blutmenge zur Präzipitinreaktion entnommen wurde.

Man hat aber eine Abweichung weder hinsichtlich der Reaktionszeit noch des Reaktionsumfangs konstatieren können.

Seit dieser Zeit wurde das Tier unter möglichst günstigen Lebensbedingungen gehalten. Dabei nahm sein Körpergewicht regelmäßig zu, so daß dasselbe endlich bis auf 3150 g gestiegen ist.

In verschiedenen Zeitintervallen wurden Blutproben entnommen und Schritt für Schritt die Abnahme des Präzipitationseffektes des Immunserums beobachtet.

Schon zwei Tage nach dem Blutverluste wurde eine Verminderung des Reaktionsumfangs beobachtet, welche Verminderung in unveränderter Form volle 14 Tage dauerte.

Diese Tatsache ist aus den am 9. VI. (Tafel III) und 24. VI. durchgeführten Versuchen ersichtlich.

Tafel III. Blutprobe entnommen am 9. VI.

Rinderserumverdünnung:	Ergebnis der Reaktion:
1 : 100	Momentane intensive Trübung.
1 : 500	
1 : 1000	
1 : 5000	
1 : 10 000	
1 : 20 000	
1 : 40 000	Reaktion selbst nach längerer Zeit negativ.
1 : 80 000	
1 : 160 000	
1 : 320 000	

Die mit der Blutprobe vom 24. VI. ausgeführte Präzipitinreaktion unterschied sich höchstens dadurch, daß die spezifische Trübung in der Verdünnung 1 : 20 000 minder intensiv (kaum merklich) war als früher; dieselbe erfolgte jedoch momentan.

In nächstfolgender Woche ist dann ein rascher Rückgang des Präzipitationsvermögens eingetreten, was aus der in Tafel IV angeführten Reaktion mit der Blutprobe vom 2. VII. ersichtlich ist.

Tafel IV.

Rinderserumverdünnung:	Ergebnis:
1 : 100	Schwache Trübung nach 3 Min.
1 : 500	
1 : 1000	
1 : 5000	
1 : 10 000	Schwache Trübung erst nach 25 Min.
1 : 20 000	
1 : 40 000	Negativ.

Hier ist also im Vergleich zur vorherigen Reaktion eine beträchtliche Retardation der Reaktionsgeschwindigkeit verbunden mit der Intensitätverminderung der einzelnen Trübungen zu verzeichnen. Der Reaktionsumfang dagegen blieb im ganzen unverändert erhalten. Würde man aber die momentan auftretende Präzipitinreaktion als den Ausgangspunkt des

gegenseitigen Vergleichs in Betracht ziehen, so könnte schon in diesem Stadium der Immunisationseffekt als gleich Null bezeichnet werden.

Das vollständige Verschwinden der Reaktion ist fünf Tage später eingetreten. Eine Trübung ist in keiner Rinderserumverdünnung erschienen; nicht einmal in dem Falle, wenn die Beobachtung derselben durch mehrere Stunden fortgesetzt wurde.

In dieser Zeit hat man einen neuerlichen Immunisationsakt unternommen. Diesmal wurde nur eine halbe Dosis der Serumgabe, die am 27. V. so ausgezeichneten Immunisationseffekt hervorgerufen hat, benutzt. Es wurde also am 18. VII. nur 1,5 ccm Rinderserum intravenös injiziert. Das Kaninchen vertrug die Injektion ganz gut und behielt sein normales Aussehen.

Nach fünf Tagen dieser zweiten Reimmunisation — also am 23. VII. — hat man dem Tiere wieder die erforderliche Blutmenge zur Präzipitinreaktion entnommen, durch welche festgestellt wurde, daß der Titer der momentanen Reaktion wieder auf dieselbe Höhe wie bei der vorherigen Reimmunisation nach der Injektion von 3 ccm gestiegen ist; der Umfang der Reaktion hat aber die ursprüngliche Höhe nicht mehr erreicht.

Das ergibt sich aus der Tafel V.

Tafel V. Serum vom 23. VII.

Rinderserumverdünnung:	Ergebnis:
1 : 100	Momentane sehr intensive Trübung.
1 : 500	
1 : 1000	
1 : 5000	
1 : 10 000	
1 : 20 000	
1 : 40 000	Trübung nach 4 Min.
1 : 80 000	Negativ.

Noch die am 1. VIII. entnommene Blutprobe blieb, was die Reaktionszeit und den Reaktionsumfang betrifft, auf gleicher Höhe, während in den folgenden fünf Tagen schon eine bedeutende Retardation, wenigstens in den größten Verdünnungen, stattgefunden hat. Der Reaktionsumfang ist dagegen ziemlich erhalten geblieben.

Tafel VI. Blutserum vom 6. VIII.

Rinderserumverdünnung:	Ergebnis:
1 : 100	Momentane Trübung.
1 : 500	
1 : 1000	
1 : 5000	
1 : 10 000	Trübung nach 2 Min.
1 : 20 000	Trübung nach 4 Min.
1 : 40 000	Negativ.

Diese Retardation der Präzipitinreaktion bei verhältnismäßig nur kleiner Beschränkung des Reaktionsumfangs tritt in einem noch bedeu-

tenderen Maßstabe bei den Blutproben vom 11. VIII. und 18. VIII. in den Vordergrund.

Von dieser Zeit an beginnt aber in beiden Richtungen das Herabsinken der diesbezüglichen Erscheinungen, was jedoch bis zum völligen Verschwinden fast drei Monate dauerte.

Kurze Übersicht ergeben Tafel VII und VIII.

Tafel VII. Serum vom 11. VIII. und 18. VIII.

Rinderserum-verdünnung	Ergebnis: Serum vom 11. VIII.	Ergebnis: Serum vom 18. VIII.
1:100 1:500 1:1000	Schwache Trübung nach 1/2 Min.	Schwache Trübung nach 1 Min.
1:5000	Trübung nach 1 Min.	Nach 2 1/2 Min.
1:10000	Spur nach 4 Min.	Spur nach 7 Min.
1:20000	Negativ	Negativ

Tafel VIII.

Verdünnung	Ergebnis am 25. VIII.	15. IX.	26. IX.	30. IX.	10. X.
1:100	Trübung nach 2 Min.	Sehr schwache Trübung nach 10 Min.	Spur nach 15 Min.	Nach 15 Min.	Nach 20 Min.
1:500	Nach 4 Min.	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ
1:1000 1:5000	Negativ				

Noch am 20. X. entstand in der Konzentration 1 : 100 nach längerer Zeit eine Spur von Trübung. Erst die am 30. X. entnommene Blutprobe ergab ein durchaus negatives Resultat.

In dieser Zeit ist man wieder an eine Reimmunisation — also die dritte — herangetreten, wobei die Reimmunisationsgabe auf die Hälfte der vorherigen Serumgabe vermindert wurde. Am 7. XI. wurde dem Tiere 0,75 ccm Rinderserum intravenös injiziert. Sieben Tage später wurde die Blutprobe entnommen.

Auch nach dieser kleinen Serumgabe erschien ein bedeutendes Aufsteigen des Präzipitationstiters. Der Reaktionsumfang war nur um ein wenig kleiner als derjenige der vorherigen Reimmunisation nach doppelter Serumgabe; die Reaktionsgeschwindigkeit in größeren Verdünnungen blieb aber schon beträchtlich kleiner.

Das Ergebnis dieser Reaktion ist in Tafel IX angeführt.

Tafel IX. Serum vom 14. XI.

Rinderserumverdünnung:	Ergebnis:
1 : 100	Momentane intensive Trübung.
1 : 500	
1 : 1000	
1 : 5000	Trübung nach 2¼ Min.
1 : 10 000	Trübung nach 2½ Min.
1 : 20 000	Spur nach 30 Min.

Die weitere Verfolgung des Verhaltens des Präzipitinstiters wurde nach dieser vierten Immunisationsetappe dadurch unmöglich gemacht, daß das Tier kurz nach Entnahme der letzten Blutprobe eine Paraplegie der hinteren Extremitäten erlitt, welcher bald der Tod folgte.

Die chronologische und sachliche Übersicht aller dieser an einem Tiere im Laufe von acht Monaten ausgeführten Versuche ist im nächstfolgenden Texte und auch in graphischer Darstellung — die beigefügt ist — angeführt.

Immunisation.

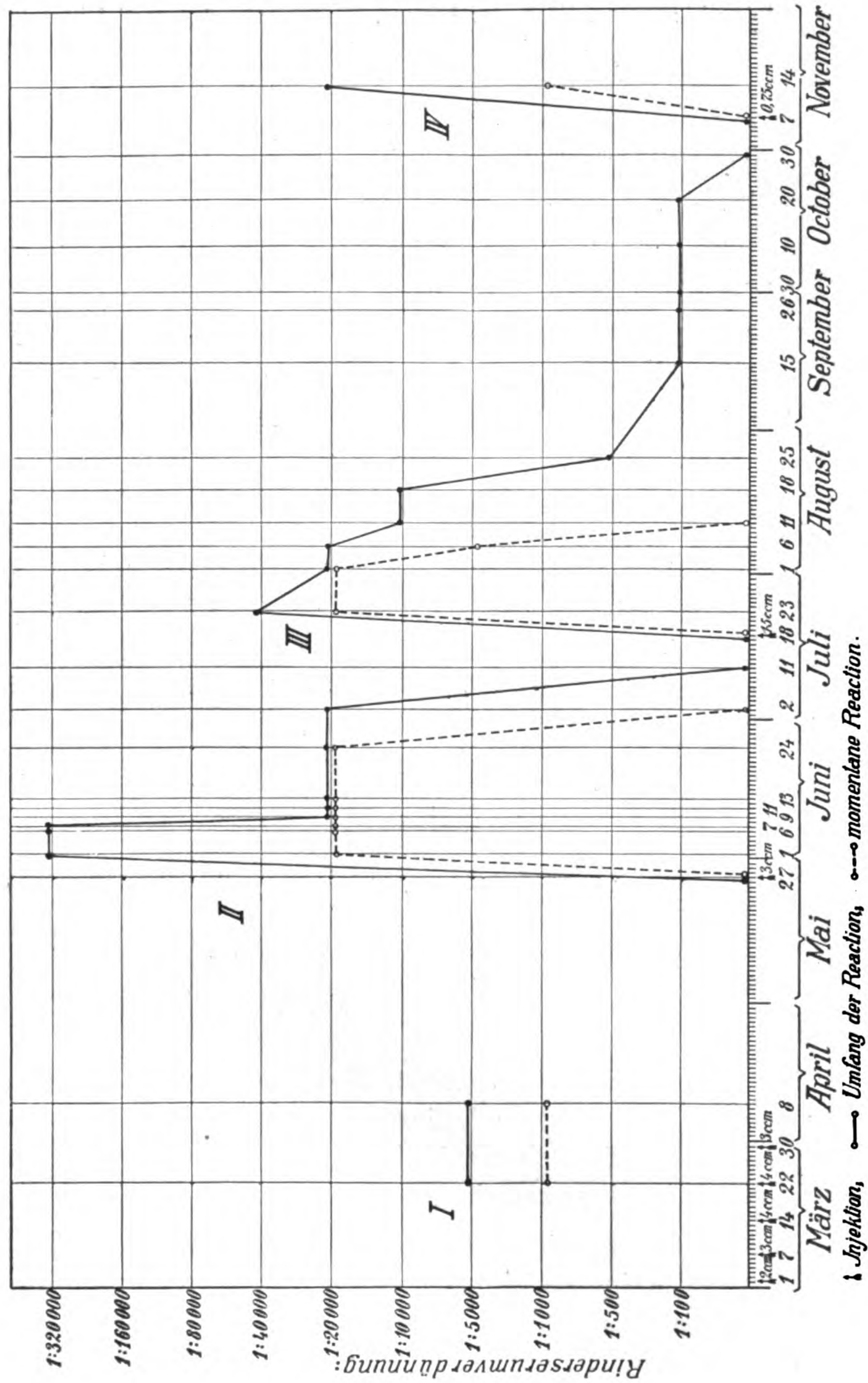
1. Injektion am 1. III. 2 ccm intravenös.
2. Injektion am 7. III. 3 ccm intravenös.
3. Injektion am 14. III. 4 ccm intravenös.
   Blutprobe am 22. III. Tafel I.
4. Injektion am 22. III. 4 ccm intravenös.
5. Injektion am 30. III. 3 ccm subkutan.
   Infiltration an der Einstichstelle.
   Blutprobe am 27. V. negativ.

I. Reimmunisation.

Injektion am 27. V. 3 ccm intravenös.
Blutprobe am 1. VI.
Blutprobe am 6. VI.
30 ccm Blutes aus der Ohrvene entnommen am 7. VI.
Blutprobe: am 9. VI. Tafel III.
am 24. VI.
am 2. VII. Tafel IV.
am 11. VII. negativ ausgefallen.

II. Reimmunisation.

Injektion am 18. VII. 1,5 ccm intravenös.
Blutprobe: am 23. VII. Tafel V.
am 1. VIII.
am 6. VIII. Tafel VI.
am 11. VIII. Tafel VII.
am 18. VIII. Tafel VII.


Rinderserumverdünnung:
1:320000
1:160000
1:80000
1:40000
1:20000
1:10000
1:5000
1:1000
1:500
1:100
I
II
III
IV
März
April
Mai
Juni
Juli
August
September
October
November
Injektion, Umfang der Reaction, momentane Reaction.

Blutprobe: am 30. VIII., 15. IX., 26. IX., 30. IX., 10. X. Tafel VIII.
am 20. X.
am 30. X. negativ ausgefallen.

III. Reimmunisation.

Injektion am 7. XI. 0,75 ccm intravenös.
Blutprobe am 14. XI. Tafel IX.

In bezug auf die graphische Darstellung ist zu bemerken, daß bei der Konstruktion der einen (∘------∘) Kurve die momentan auftretende Reaktion, bei der anderen (•——•) der Reaktionsumfang zugrunde gelegt wurde.

Aus der letzteren ist der Unterschied in bezug auf die Art der Abnahme des Präzipitationsvermögens des Immunserums nach der zweiten und der dritten Immunisation ersichtlich. Während nach der zweiten Immunisation in kurzer Zeit eine Beschränkung des Reaktionsumfanges stattgefunden hat, worauf derselbe 24 Tage unverändert geblieben ist, um in den nächstfolgenden 9 Tagen rapid auf Null herabzufallen, wurde dagegen nach der dritten Immunisation eine allmähliche Abnahme des Reaktionsumfanges durch volle 89 Tage beobachtet.

* * *

Versuche mit Rinderserum wurden noch einmal, und zwar parallel an vier Kaninchen, wiederholt. Man wollte das Steigen und Fallen des Präzipitinstiters in einigen hintereinander folgenden Reimmunisationen genau verfolgen. Die Individualität der Tiere — die in allen Immunisationsversuchen eine große Rolle spielt — war aber diesmal unseren Versuchen ungünstig. Zwei Tiere sind bei der Reimmunisation zugrunde gegangen; bei den anderen brachte die Reimmunisation kein bedeutendes Steigen des Präzipitationstiters herbei.

Es kam hier aber eine andere interessante Tatsache zum Vorschein, nämlich eine Beziehung zwischen Reaktionsfähigkeit des Tieres und der Größe der drohenden Anaphylaxiegefahr, was aus den anzuführenden Protokollen sich ergibt.

Kaninchen Nr. 7, 8, 9, 10.

Erste Injektion am 12. VIII. 1910. Allen vier Tieren wurden 2 ccm des Rinderserums intravenös injiziert.

Blutprobe am 19. VIII. entnommen. Das Immunisationsergebnis war nach der ersten Injektion besonders bei zwei Tieren (8 und 9) sehr befriedigend; bei den andern dagegen war das Präzipitationsvermögen nur unbedeutend (Tafel X).

Tafel X.

<table>
<tr><th rowspan="2">Rinder-serumver-dünnung</th><th colspan="4">Reaktionsergebnis beim Tiere</th></tr>
<tr><th>Nr. 7</th><th>Nr. 8</th><th>Nr. 9</th><th>Nr. 10</th></tr>
<tr><td>1:100</td><td>Spur von Trübung nach 1 Min.</td><td rowspan="2">Intensive Trübung nach $^{1}/_{2}$ Min.</td><td>Trübung nach $^{1}/_{2}$ Min.</td><td>Spur nach 2 Min.</td></tr>
<tr><td>1:500</td><td rowspan="4">Negativ</td><td>Nach 1 Min.</td><td rowspan="4">Negativ</td></tr>
<tr><td>1:1000</td><td>Nach 1 Min.</td><td>Nach 10 Min.</td></tr>
<tr><td>1:5000</td><td>Spur nach 3 Min.</td><td rowspan="2">Negativ</td></tr>
<tr><td>1:10000</td><td>Negativ</td></tr>
</table>

Zweite Injektion am 19. VIII. Den Tieren 3 ccm intravenös injiziert.

Blutprobe am 26. VIII. entnommen. Durch diese wurde festgestellt, daß die zweite intravenöse Injektion bei den beiden Tieren mit zuerst kleiner Immunität (7 und 10) eine Besserung, bei den nach der ersten Injektion gut reagierenden Tieren (8 und 9) dagegen eine bedeutende Verschlechterung des Präzipitationsvermögens herbeigeführt hat.

Bei diesen letzteren ist die Verschlechterung des Präzipitationsvermögens wahrscheinlich einem anaphylaktischen Zustande zuzuschreiben, der bei beiden Tieren nach der nächsten Injektion ausbrach und letal endete. Das Ergebnis dieser Blutprobe (nach der zweiten Injektion) ist in der Tafel XI angeführt.

Tafel XI.

<table>
<tr><th rowspan="2">Rinder-serumver-dünnung</th><th colspan="4">Reaktionsergebnis beim Tiere</th></tr>
<tr><th>Nr. 7</th><th>Nr. 8</th><th>Nr. 9</th><th>Nr. 10</th></tr>
<tr><td>1:100</td><td rowspan="2">Momentane Trübung</td><td rowspan="2">Spur nach $^{1}/_{2}$ Min.</td><td rowspan="2">Spur nach 1 Min.</td><td rowspan="2">Momentane Trübung</td></tr>
<tr><td>1:500</td></tr>
<tr><td>1:1000</td><td>Trüb. n. 1 Min.</td><td>Nach 2 Min.</td><td>Nach 5 Min.</td><td>Trüb. n. $1^{1}/_{2}$ Min.</td></tr>
<tr><td>1:5000</td><td>Nach 3 Min.</td><td>Nach 3 Min.</td><td>Nach 10 Min.</td><td>Nach 4 Min.</td></tr>
<tr><td>1:10000</td><td>Negativ</td><td>Negativ</td><td>Negativ</td><td>Negativ</td></tr>
</table>

Die Intensität der Reaktion bei den Kaninchen 8 und 9 ist sehr unbedeutend, die Trübung eben nur wie feine Opaleszenz sichtbar.

Dritte Injektion am 26. VIII. Allen Tieren wurden 4 ccm Serum intravenös injiziert. Nach dieser Injektion sind Kaninchen Nr. 8 und 9 in einigen Tagen unter anaphylaktischen Erscheinungen zugrunde gegangen.

Den übriggebliebenen zwei Tieren wurde am 3. IX. eine Blutprobe entnommen. In dieser kam eine wesentliche Verbesserung der Reaktionsgeschwindigkeit zum Vorschein. Momentane Reaktion reichte bei Kaninchen Nr. 7 bis zu der Verdünnung 1 : 500, bei dem Nr. 10 bis zu 1 : 1000.

Vierte Injektion am 4. IX. 4 ccm des Rinderserums subkutan.

Die Blutprobeentnahme erfolgte am 10. IX. Das Ergebnis derselben ist in der Tafel XII eingetragen.

Tafel XII.

Rinderserum-verdünnung	Reaktionsergebnis beim Tiere	
	Nr. 7	Nr. 10
1:100	Momentane intensive Trübung	Momentane intensive Trübung
1:500		
1:1000	Trübung n. 1/4 Min.	
1:5000	Nach 1/2 Min.	Nach 1/2 Min.
1:10000	Negativ	Negativ

Was den Reaktionsumfang anbelangt, so sieht man, daß das Präzipitationsphänomen erst in der Verdünnung 1 : 10 000 ausgeblieben ist.

Damit wurde die erste Immunisationsetappe beendet. Dann hat man wieder gewartet, bis die Präzipitationsaktivität des Serums verschwunden ist, was annähernd in anderthalb Monaten nach der letzten Injektion eingetreten ist.

Hierauf wurde am 20. XI. beiden Tieren 1,5 ccm Rinderserum injiziert. Man hat also zu diesem Zwecke gleich eine kleinere als die kleinste bisher zur Immunisation benutzte Serummenge in Anwendung gebracht.

Dieser Injektion folgte zwar ein kleines, bis zur Konzentration des Rinderserums 1 : 100 reichendes Aufsteigen des Präzipitinstiters, die Höhe der ursprünglichen Immunität wurde jedoch nicht erreicht. Die Ursache ist offenbar in dem Umstande zu suchen, daß beide Tiere krank geworden sind, so daß sie in kurzer Zeit nach der letzten Injektion eingingen.

Versuche mit Pferdeserum.

Wir haben schon oben erwähnt, daß gleichzeitig Immunisationsversuche mit Rinder- und Pferdeserum durchgeführt worden sind.

Auch bei diesem Antigen hat die Immunisation und der Aufstieg des Präzipitinstiters einen, den früheren Versuchen analogen Verlauf gezeigt. Es gelang jedoch nur, zwei Immunisationsetappen zu erreichen, nach welchen das Kaninchen unter anaphylaktischen Erscheinungen zugrunde ging.

Schwarzweißes Kaninchen Nr. 6.
Gewicht 3100 g.
Vier intravenöse Injektionen in einer Menge von 2, 3, 4, 4 ccm des Pferdeserums am 19., 24. II., 1. und 7. III.
Blutprobe am 12. III.; deren Ergebnis zeigt Tafel XIII.

Tafel XIII. Serum vom 12. III.

Pferdeserumverdünnung:	Reaktionsergebnis:
1 : 100	Momentane Trübung.
1 : 500	Momentane Trübung.
1 : 1000	Trübung nach ½ Min.
1 : 5000	Nach 3 Min.
1 : 10 000	Nach 7 Min.
1 : 20 000	Negativ.

Wegen der Anaphylaxiegefahr wurden weitere zwei Injektionen intraperitoneal und subkutan in einer Menge von 2,5 und 3 ccm am 14. III. und 22. III. appliziert. Hierauf ist der Titer der momentanen Reaktion bis zu der Verdünnung 1 : 1000 gestiegen; der Reaktionsumfang blieb dagegen auf die Verdünnung 1 : 10 000 beschränkt.

Da sich an der Einstichstelle eine zirkumskripte Bauchwandnekrose entwickelte, welcher Nekrose später ein umfangreicher, durch zwei Varietäten des M. pyogenes (aureus und albus) und B. pyocyaneus herbeigeführte Eiterungsprozeß folgte, wurden die Versuche unterbrochen und das entsprechend gepflegte Tier über sechs Monate, das ist solange, bis alle Krankheitssymptome — die harten Infiltrationen der Inguinaldrüsen inbegriffen — verschwunden sind, in Ruhe belassen.

Nach dieser Zeit wurde dem Tiere am 4. XI. eine kleine Blutmenge entnommen, welche — wie zu erwarten war — bei der Präzipitinreaktion ein negatives Resultat ergab.

Am 7. XI. wurden dem Tiere 3 ccm des Pferdeserums intravenös injiziert.

Am 14. XI. wurde die erforderliche Blutprobe entnommen. Bei der diesbezüglichen Reaktion wurde wieder die interessante Tatsache, betreffend die mächtige Bildung von Präzipitinen, festgestellt. Das Faktum ist in diesem Falle um so merkwürdiger, als eine sehr lange Zeit seit dem Höhenpunkte der vorherigen nicht sehr großen Immunität verflossen ist und der Organismus des Tieres inzwischen ernste, durch intensive Eiterungsprozesse bedingte Schädigungen durchgemacht hat.

Tafel XIV. Serum vom 14. XI.

Pferdeserumverdünnung:	Reaktionsergebnis:
1 : 100	Momentane Reaktion. Die Trübung wird in kurzer Zeit sehr intensiv, und in 15 Min. beginnt die Sedimentation von groben Flocken.
1 : 500	
1 : 1000	
1 : 5000	Trübung nach ½ Min.
1 : 10 000	Trübung nach 1 Min.
1 : 20 000	Trübung nach 2 Min.
1 : 40 000	Nach 20 Min.
1 : 80 000	Negativ.

Auch dieses Serum wurde mittels Venepunktion in größerer Menge entnommen und in zugeschmolzenen Glasphiolen lange vorrätig erhalten.

Hierauf nahm man von den weiteren Injektionen so lange Abstand, bis die Präzipitinreaktion verschwunden war, was annähernd nach einem Monate geschehen ist. Am 18. XII. wurde dann eine neue Reimmunisation vorgenommen.

Zu diesem Zwecke wurde die Hälfte der vorher benutzten Serummenge (1,5 ccm) intravenös injiziert; das Tier ist aber kurze Zeit darauf zugrunde gegangen.

* * *

Ziehen wir die wichtigsten, in den angeführten Versuchen gemachten Beobachtungen in Betracht, so kommen wir zu den nachstehenden Resultaten:

Die beachtenswerteste Bedeutung ist zweifellos der Beobachtung beizumessen, daß bei der Reimmunisation selbst nach einer kleinen Serummenge eine mächtige Präzipitinbildung eintreten und ferner, daß bei der Reimmunisation eine kleinere Serumdosis mächtigere Präzipitinbildung hervorrufen kann, als es bei der größeren zur vorherigen Immunisation benutzten Dosis der Fall war.

Die letztere Beobachtung, die den Eindruck einer Unabhängigkeit der Präzipitinbildung von der zur Reimmunisation benutzten Serumdosis macht, läßt sich nicht in den Rahmen gewöhnlicher biologischer Erfahrungen bringen, in deren Sinne wir erwarten müßten, daß einer kleineren, bei der Reimmunisation benutzten Serumdosis nicht eine mächtigere, sondern gerade eine geringere Präzipitinbildung folgen sollte. (Auch läßt sich das erwähnte Ergebnis in keiner Weise mit einem andern bekannten biologischen Vorgang in Analogie bringen.)

Weil aber Ausnahmen von üblichen biologischen Erfahrungen erst an zweiter Stelle zur Diskussion gelangen könnten, so wird man zu der Schlußfolgerung gedrängt, daß der Effekt der applizierten Serumdosis durch einen neu hinzugetretenen Faktor verhüllt sein konnte.

Unter solchen Umständen liegt die Annahme nahe, daß dieser hinzutretende Faktor in jenen Veränderungen, die nach Pirquet als Allergie bezeichnet werden, zu erblicken wäre.

In praktischer Hinsicht lassen die angeführten Beobachtungen die Möglichkeit in Vordergrund treten, um auf dem Wege einer Reimmunisation, bei welchem zwischen die aufeinander folgenden Immunisationsakte lange Ruheperioden eingeschaltet werden, zur Gewinung von hochwertigen Präzipitinseren zu gelangen.

Die Annahme wird namentlich dadurch bekräftigt, daß einesteils — wie es aus den oben angeführten Versuchen ersichtlich ist — die Möglichkeit der Erzeugung eines hochwertigen Präzipitinserums mittels einer relativ kleinen Serumgabe gegeben ist, andernteils — wie besonders die neueren Erfahrungen auf dem Gebiete der Tuberkulintherapie bezeugen — durch eine gehörige Abstufung der Antigenmengen die anaphylaktischen Erscheinungen verhindert werden können.

Daß in einem solchen Falle der gehörigen Abstufung der Serumgaben die größte Wichtigkeit beizulegen wäre, ist besonders aus der in den oben angeführten Versuchen gemachten Beobachtung, daß die durch besondere Reaktivität auf Serumeinspritzung sich auszeichnenden Tiere auffallend schnell der Anaphylaxie unterlegen sind, ersichtlich.

Den weiteren Versuchen bleibt es vorbehalten, festzustellen, ob der bezeichnete Weg zur Gewinnung des hochwertigen Präzipitinserums — d. h. kleinere Serumgaben und Reimmunisation unter Einschaltung der nötigen Zeitintervalle — geeignet ist, um zu praktisch verwendbaren Resultaten zu gelangen.

Weitere interessante Beobachtungen beziehen sich auf das Verhalten des Präzipitinstiters bei einzelnen Immunisationsakten, welches Verhalten auf der beigefügten Kurve dargestellt ist. Aus dieser graphischen Darstellung ist ersichtlich, daß in dem

ersten Teile der diesbezüglichen Kurve, welche der am 27. Mai stattgefundenen Immunisation entspricht, die Abnahme des Präzipitinstiters einen rapiden, in dem weiteren Teile der Kurve, welcher der am 18. Juli vorgenommenen Reimmunisation entspricht, einen langsamen Verlauf zeigt. Diese Tatsache bildet eine weitere Stütze dafür, daß es sich um eine unter veränderten biologischen Verhältnissen verlaufende Reaktion handelt.

Wenn die Annahme, daß die obigen aus den vorliegenden Versuchen sich ergebenden Beobachtungen in den Rahmen der Pirquetschen Allergie gehören, richtig ist — eine andere Erklärung scheint unter gegebenen Verhältnissen kaum möglich zu sein — dann würde es sich hier um eine neue bisher unbekannte Erscheinung auf dem Gebiete der Allergie handeln.

Neben diesen Hauptbeobachtungen ist es zweckmäßig, auf einige untergeordnete Beobachtungen hinzuweisen.

Dahin gehört erstens, daß das Latenzstadium der Präzipitinimmunität durch ausgebreitete Infektionsprozesse (Eiterung) nicht gestört wurde, zweitens, daß ein großer Blutverlust keinen besonderen Einfluß auf die Präzipitationsaktivität des Serums entwickelt hat, und endlich, daß die Kontrolle des Gewichtes des Tieres und die Beobachtung der Lokalreaktion nach der subkutanen Applikation ein gutes Hilfsmittel bei der Immunisationstechnik an die Hand geben.

Es ist mir eine angenehme Pflicht dem Herrn Prof. M. U. Dr. Gustav Kabrhel, dem Vorstande des K. K. Hygienischen Instituts, für das Thema dieser Arbeit und die gütigen Ratschläge, die er mir erteilte, zu danken.

Studien zur Frage der fäkalen Ausscheidung darmfremder Bakterien.

Von

K. K. Regimentsarzt Dr. **Wilhelm Kulka**.

(Aus dem Hygienischen Institut der K. K. Universität in Graz; Vorstand Prof. Dr. W. Prausnitz.)

(Bei der Redaktion eingegangen am 12. April 1914.)

Täglich nehmen Mensch und Tier Nahrungsmittel der verschiedensten Art zu sich, und täglich werden auf diese Weise Unmengen von Bakterien dem Digestionstrakte zugeführt. Dennoch ist die Infektion des Magendarmkanales — d. i. die längere Zeit andauernde Ansiedlung und Vermehrung „körperfremder" Bakterien im Verdauungstrakte — eine abnorme Erscheinung. Zahlreiche Versuche, die von den verschiedensten Seiten und aus den verschiedensten Motiven unternommen wurden [vgl. Küster][1]) haben diese eigentümlich spezifische Konstanz in der Zusammensetzung der Bakterienflora einzelner Körperkavitäten, insbesondere aber des Darmkanales bzw. der ausgeschiedenen Fäzes (wenigstens nach der Säuge- und ersten Wachstumsperiode), immer wieder gezeigt. Für die Bedeutung der Frage spricht es, daß die ersten Untersuchungen in dieser Richtung bereits bald nach Beginn der bakteriologischen Ära unternommen wurden. Eine dauernd künstliche Beeinflussung der autochthonen bakteriellen Darmbevölkerung im Sinne einer Verschiebung des Keimbildes zugunsten anderer „körperfremder" Arten, wozu im gewissen Sinne auch die Pathogenen zu zählen wären, erwies sich bis nun als kaum durchführbar oder jedenfalls nur kurz vorübergehend, solange zumindest

als halbwegs normale Verhältnisse maßgebend waren. Tatsache scheint zu sein, daß solche per os gefütterte, aber auch in das Duodenum oder den oberen Dünndarm direkt[2]) eingebrachte „körperfremde" Bakterien, ja auch rektal einverleibte[3]), hier bald zugrunde gehen bzw. durch Züchtung nicht mehr nachzuweisen sind, obwohl bei der Kultur im Reagenzglas weder Galle noch Pankreassaft oder Dünndarmsekret einzeln und in Kombination eine dementsprechend starke bakterizide Wirkung erkennen ließen. Einzelne dieser Medien können sogar als gute Nährböden dienen (Typhus-Galleröhrchen!).

Anderseits ist aber auch bekannt, welch charakteristische Veränderungen das normale Keimbild gerade unter dem Einfluß gewisser infektiöser Darmerkrankungen zugunsten der spezifischen Erreger erfahren kann. Man braucht z. B. nur an das fast völlige Zurücktreten des B. coli in gewissen Stadien der Cholera, der Dysenterie und mancher enteritischer Prozesse im Kindesalter zu denken.

Eine einheitliche Erklärung hierfür steht noch aus, da auch die zuletzt von Conradi und Kurpjuweit[4]) beigebrachten Anhaltspunkte über eine Schutzwirkung der autochthonen Darmflora durch Bildung antiseptischer Stoffwechselprodukte sowie Nährbodenentziehung und Überwucherung sich als unzureichend erwiesen[5]). Um so mehr, als durch die Versuche Seiferts[6]), der mit künstlich „malachitgrünfesten" Kolistämmen an Mensch und Tier arbeitete, gezeigt wurde, daß auch diese, wenn körperfremd, eventuell sogar, von derselben Tierart stammend, zwar kurz darauf in den Fäzes auftraten, aber nur für wenige Tage nach der Verabreichung per os im Darme nachzuweisen waren. Diese „körperfremden" Stämme hatten sich augenscheinlich im lebenden Darme des Versuchsobjektes nicht stärker vermehrt und wurden niemals zu dessen Dauerbewohner. Wohl aber erschien eines Menschen körpereigener Kolistamm, der aus seinem Stuhl vorher isoliert und durch Umzüchtung giftfest geworden war, bald und sehr reichlich im Stuhle desselben Individuums wieder. Er hatte sich also nach neuerlicher Einverleibung vermehrt, und die Ausscheidung hielt, unter Beibehaltung der erworbenen

Giftfestigkeit, an. Auch der Umstand, daß das Serum eines Menschen Kolistämme des eigenen Stuhles in der Regel höher agglutiniert als andere, vielleicht eine Anpassungserscheinung der infizierenden Kolistämme an den Organismus (Escherich) und umgekehrt, ist geeignet, das Spezifische dieser Beziehungen noch mehr hervortreten zu lassen. Dazu kommt die Tatsache, daß die zeitliche oder dauernde Ansiedlung von Erregern sogenannter infektiöser Darmerkrankungen fast immer begleitet ist von einem gesteigerten spezifischen Agglutinationstitre im Serum des befallenen Individuums (Gruber-Widalsche Reaktion). Gerade die Verfolgung dieses Phänomens hat aber weiter gezeigt, daß z. B. der Typhus keine primäre Darmerkrankung (das Zustandekommen der Infektion durch primäres Eindringen des Erregers in den Magen-Darmkanal soll hier vorläufig weiter nicht in Frage gezogen werden), sondern als Bakteriämie aufzufassen ist, und daß sowohl die Entwicklung der manifesten Darmsymptome (Erkrankung der Payerschen Plaques, 2. u. 3. Woche!) als auch das gehäuftere Auftreten der Krankheitserreger in Darm- und Stuhlentleerungen erst zu einer Zeit stattfindet, wo das Serum bereits einen hohen Agglutinationstitre aufweist bzw. die Krankheitserreger aus dem Blute bereits mehr oder minder verschwunden sind. (Vgl. Tab. 1.)

Dies alles spricht dafür, daß, neben anderen Momenten, hemmende oder fördernde Kräfte des lebenden Organismus, die durch Vermittlung der Darmwand mit den Fäzesbakterien in Verbindung treten, bei dieser Erscheinung eine Rolle spielen.

Während sich nun einerseits zeigen ließ, daß eine merkliche Bakterienpassage durch die normalen Darmwandungen erwachsener Menschen sowie älterer Versuchstiere (Kaninchen, Meerschweinchen u. dgl.) gewöhnlicherweise nicht stattfindet und ein Übertritt vom Darmlumen bis ins Blut nur nach krankhafter Veränderung der Darmschleimhaut erfolgen kann, gelang es schon Thomas bzw. Issaeff und Kolle[15]) auf Anregung R. Pfeiffers, durch intravenöse Injektion von Choleravibrionen

Tabelle I. Zeitpunkt der bakteriolog.-serolog. Krankheitsfeststellung mit Berücksichtigung des einen positiven Befund liefernden Untersuchungsverfahrens bei 2192 Typhusfällen (Arb. a. d. Kais. Ges.-Amt 41, S. 164 ff., Anl. 22).

Positiven Befund ergab		in der 1. Krankheitswoche			in der 2. Krankheitswoche			in der 3. Krankheitswoche			in der 4. Krankheitswoche			in der 5. Krankheitswoche			in der 6. Krankheitswoche		
		positiv überhaupt	% der positiven in der 1. Woche	Zahl der Kranken	positiv überhaupt	% der positiven in der 2. Woche	Zahl der Kranken	positiv überhaupt	% der positiven in der 3. Woche	Zahl der Kranken	positiv überhaupt	% der positiven in der 4. Woche	Zahl der Kranken	positiv überhaupt	% der positiven in der 5. Woche	Zahl der Kranken	positiv überhaupt	% der positiven in der 6. Woche	Zahl der Kranken
Blut-untersuchung	überhaupt	519	95,8	—	782	96,0	—	433	96,4	—	178	91,8	—	87	87,6	—	87	84,1	—
	Gruber-Vidal-Reaktion	466	86,0	—	719	88,2	—	413	92,0	—	167	86,1	—	72	80,9	—	85	79,5	—
Blutuntersuchung von Stuhl und Urin		86	15,9	—	117	14,4	—	56	12,5	—	27	13,9	—	22	24,7	—	10	22,7	—
Positiver Stuhlbefund in klinisch und anamnestisch verfolgten Fällen wurde erhalten (Weißkopf: Wiener Klin. Wochenschr. 1910, Nr. 39).																			
nach Weißkopf		6	27	22	30	78	41	49	91	54	17	71	24	8	62	13	—	—	—
v. Drigalski		—	5	—	—	23	—	—	33	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—

Anm.: Die Tabelle soll nur zur Illustrierung, keineswegs zu einer mathematischen Begründung der Hypothese dienen. Da die bakteriologische Untersuchungsmethodik an und für sich eine »Stichprobenerhebung« bildet, ist sie, sowohl was ihre Empfindlichkeit betrifft als auch nach ihren Züchtungsergebnissen mit der relativ exakteren Feststellbarkeit des Agglutinationstitres nicht ohne weiteres vergleichbar. Auch dann nicht, wenn (was nicht geschah) in allen Fällen jedesmal serologische und bakteriologische Untersuchung von Blut und Stuhl stattgefunden hätte.

bei Kaninchen das Auftreten der Keime im Darm, ja sogar die Möglichkeit der künstlichen Erzeugung einer Choleraerkrankung bei jüngeren Tieren, festzustellen. Blut und Organe enthielten auf der Höhe der Erkrankung und unmittelbar nach Todeseintritt keine Vibrionen mehr. Ebenso haben die neueren Versuche, insbesondere französischer Autoren, ergeben, daß bei experimenteller Bakteriämie (durch intravenöse Injektion von Bakterienaufschwemmungen erzeugt) eine Ausscheidung der injizierten Keime in den Darm nicht nur mit der Galle, sondern an den verschiedensten Stellen der Darmschleimhaut außerordentlich häufig stattfindet, selbst bei unterbundenem ductus choledochus und Gallenfistel[7]). Bald darauf konnte Kretz über seine Beobachtungen einer lokalisierten spezifischen Bakterienausscheidung durch das adenoide Gewebe des Darmes nach hämatogener Infektion (Diplokokken, Streptokokken)[8]) berichten. Bei der Mitteilung seiner Untersuchungen, die sich in erster Linie mit dem supponierten hämatogenen Ursprung der Appendizitis beschäftigten, wurde schon darauf hingewiesen, daß nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse auch bei Typhus die Erkrankung des adenoiden Gewebes im Darme als sekundäre Infektion plausibel wäre. Seine Ausführungen wurden gerade mit Hinweis auf die Streptokokken-Enteritis, aber insbesondere auch auf den „Abdominal"-Typhus unterstützt (s. Koch). Da Kretz Gründe dafür zu haben glaubte, daß die spezifische Lokalisation des Prozesses bei vorbehandelten (also nach wiederholt vorausgegangener Infektionsgelegenheit) Tieren besser zu erreichen sei, als bei einer einmaligen starken bakteriellen Überschwemmung des Blutes, hatte er seine Tiere einer Vorbehandlung mit 6 bis 8 schwächeren Injektionen unterzogen.

Noch inniger aber erschienen die Beziehungen zwischen hämatogener Infektion und bakterieller Darmflora, als bald darauf in Verfolg dieser Phänomene Raubitschek[9]) über Versuche Mitteilung machen konnte, deren Ergebnis er dahin zusammenfaßte, daß, wenn man ein Tier (Hund, Kaninchen) durch subkutane oder intraperitoneale Injektionen mit einer Bakterienart, die nor-

malerweise in dessen Intestinaltrakt nicht vorkommt, immunisiert, diese Bakterien bei oraler Einverleibung im Darmkanal des immunisierten Tieres dann Bedingungen vorfinden, die ihre Vermehrung und längerdauerndes Verweilen dort ermöglichen, so daß sie tage- und wochenlang mit den Entleerungen in kulturfähigem Zustande ausgeschieden werden. Es sollte also durch derartige Vorbehandlung eines Tieres gelingen, eine Bakterienart in dessen Darmkanal für längere oder kürzere Zeit anzusiedeln, die normalerweise dort nicht vorkommt oder, besser gesagt, sich dort nicht zu halten vermag. Die verwendeten Keime (B. prodigiosus, B. Kilimse, aber auch V. Cholerae) hatten notabene weder makroskopisch noch mikroskopisch auffällige Darmveränderungen hervorgerufen noch auch den Gesundheitszustand der Tiere in besonderer Weise beeinflußt. R. glaubte daher zu dem Schlusse berechtigt zu sein, daß so auch durch das (mehr minder manifeste) Überstehen einer Infektionskrankheit der Organismus neben vielen anderen Veränderungen auch in dem Sinne eine Umstimmung erfahre, daß er jetzt dem betreffenden Erreger eine längerdauernde Ansiedlung und Vermehrung in seinem Digestionstrakte ermögliche. Ein weiteres Eingehen auf den Mechanismus dieser Erscheinungen war nicht erfolgt.

Gerade aber wegen des Hinweises auf die Entstehungsweise von Bazillenträgern mußte diese Mitteilung im Zusammenhalt mit den bisher vorliegenden Tatsachen auffallend erscheinen. Speziell von den in der menschlichen Pathologie am meisten untersuchten und beobachteten Keimträgern des Typhuserregers (B. typhi, Eberth) war bekannt, daß, auch trotz effektiver Infektion und der damit verbundenen nachträglichen Immunitäts- (oder besser gesagt Allergie-) Erscheinungen, als deren Zeichen — wenn auch nicht als ein Maß derselben — ja wohl auch die Gruber-Widalsche Reaktion im Blutserum des Betroffenen aufzufassen ist, nur 5 bis 6% derselben die Typhusbazillen nach der eventuellen klinischen Genesung in ihrem Darm weiter beherbergten oder gar

zur ständigen Ausscheidung brachten*), während der höhere spezifische Agglutinationstitre des Serums bekanntlich in einem weit höheren Prozentsatz durch längere Zeit persistiert[10]). Nur sehr wenige unter den Keimausscheidern ließen bisher eine positive Widalreaktion vermissen, so daß diese vielfach als Hilfsmittel zur Auffindung solcher Personen, namentlich bei Massenuntersuchungen Verwendung finden kann.

Anderseits würde damit den von mancher Seite erhobenen Bedenken gegen die aktive Typhusschutzimpfung (mit sog. sensibilisierten Typhusbazillen) nach Besredka und andere aktive Immunitätsverfahren eine positive Unterlage gegeben sein, daß durch derartige Vorbehandlungen eine künstliche Züchtung von Bazillenträgern nicht abzuweisen sei. Die Mitteilungen über mehrjährige Beobachtungen mit dem Schutzimpfungsverfahren nach Besredka aus Praxis und Tierversuch zeigten das Gegenteil[11]). So wurden z. B. in der mit Typhus verseuchten Irrenanstalt von Brequeville versuchsweise die Hälfte aller Insassen (516 von ca. 950) vorbehandelt, während die übrigen als Kontrolle dienten. Trotzdem unter den letzteren während der jetzt fast zweijährigen Beobachtungsdauer wiederholt Typhuserkrankungen vorkamen und trotz der damit sicher vorhandenen reichlichen Infektionsgelegenheit soll unter den Geimpften, bei ständiger bakteriologischer Kontrolle, niemals die Entstehung von Bazillenträgern beobachtet worden sein.

Diese widersprechenden Tatsachen im Zusammenhalt mit den Bestrebungen der Metschnikoffschen Schule, einer Verdrängung der „fäulniserregenden Darmbakterien durch den B. bulgaricus (u. Glykobakter), die bisher nur durch fortgesetzte reichliche orale Zufuhr (Yoghurt usw.) in beschränktem Maße möglich schien[12]), aber auch in Verfolg anderer Momente, deren ev. Darlegung späteren Mitteilungen vorbehalten bleiben mag, ließen es geboten erscheinen, die von Raubitschek aufgestellte Frage, „nach dem Ausfall von Fütterungs- und Ausscheidungsversuchen bei Tieren, die mit den zum Experiment verwendeten Bakterien

*) Ähnliche Zahlen wurden auch für Ruhr und Paratyphus angegeben.

vorher immunisiert worden waren", zunächst einer neuerlichen Bearbeitung zu unterziehen.

Zur Verwendung kamen mehrere Stämme von B. prodigiosus und V. Metschnikoff, die vor Beginn der Versuche selbstverständlich hinsichtlich Form und biologischen Verhaltens identifiziert worden waren. Die Isolierung von B. prodigiosus aus den Fäzes erfolgt durch Ausstrich der Versuchsproben auf Agarplatten bzw. wegen der rascheren und lebhafteren Farbbildung, aber auch wegen der bei 22° hier mehr zur Geltung kommenden Wachstumshemmung der Darmbakterien auf Kartoffelscheiben. Die letzteren wurden noch nach der üblichen Herstellung in Petrischalen vor Gebrauch unter erhöhtem Druck im Autoklaven durch ca. 15 Minuten weiter sterilisiert. Die Stämme von V. Metschnikoff wurden vor Gebrauch zunächst durch wiederholtes Umzüchten zu gutem Wachstum auf Alkali-Blutagar (nach Dieudonné) gebracht, was ihre nachträgliche Isolierung aus Fäzes ev. unter Einschaltung einer Anreicherung im Peptonwasserkölbchen erleichterte. Vorversuche, die mit Mischungen von Fäzesaufschwemmungen (Hund, Kaninchen) und fallend dosierten Zusätzen der Versuchsbakterien angestellt worden waren, hatten die Verwendbarkeit der Methodik bestätigt. Da je eine Mischungsserie und deren Kontrolle parallel bei 22° und 37° gehalten wurde, konnte gleichzeitig ersehen werden, daß die Farbstoffbildung des Prodigiosus innerhalb der Mischung überhaupt und auch in der Kontrolle bei 37° zwar gehemmt war, aber nach Ausstrich, insbesondere auf Kartoffelscheiben, und Kultivierung bei 22° rasch wieder zum Vorschein kam. Während sich aber Prodigiosus aus Kaninchenfäzes noch nach 8 bis 10 Tagen in dieser Weise (bei 37° rascher als bei 22° abnehmend) wieder auffinden ließ, gelang dies bei Vibrio Metschnikoff nach 6 Tagen nicht mehr. Die Identifizierung des V. M. erfolgte u. a. durch Umzüchtung auf Gelatine und im Fütterungsversuch, als das Serum der behandelten Versuchstiere bereits einen genügend hohen Titre erreicht hatte, durch den Agglutinationsversuch. Auch bei Prodigiosus wurde zur Differenzierung gegen die hier und da aufgefundenen Farbstoffbildner aus dem Futter der Kaninchen mit Vorteil die Differenzierung im Gelatine-

strich (Verflüssigung) und die orientierende Agglutination benutzt.

Als Versuchsobjekte kamen Kaninchen (4 für Prodigiosus, 2 für V. Metschnikoff), Hund (Prodigiosus) und Mensch (Selbstversuch mit V. M.) in Verwendung. Die Einverleibung der Bakterienaufschwemmung per os erfolgte, unter Einhaltung der notwendigen Kautelen, zur Vermeidung äußerer Infektion, bei Kaninchen mit der Schlundsonde, beim Hunde in der Weise, daß zunächst die Bakterienemulsion in Milch (ca. $^1/_8$ l) gefüttert wurde und gleich danach noch ca. $^1/_8$ l abgekochte Milch. Im Selbstversuch wurde einmal die Vibrionenaufschwemmung in ca. 0,5% Sodalösung getrunken, dann aber in Geloduratkapseln abgefüllt geschluckt.

Während der Beobachtungszeit, vor und nach den Fütterungsversuchen, wurden die Käfige der einzelnen Kaninchen täglich gewechselt, getrocknet und ausgeflammt. Die Stuhlprobeentnahme bei Mensch und Hund (peinlich „zimmerreines" Tier!) erfolgte direkt nach der Entleerung mit sterilen Probegefäßen.

Die Verarbeitung der Fäzes erfolgte stets in der Weise, daß bei Hund und Mensch mehrere Stichproben desselben Stuhlganges zusammen in möglichst geringer Menge Bouillon zu einer dichten Emulsion verrieben und von dieser 6 bis 8 Ösen zu Plattenausstrichen verarbeitet wurden. Bei den Kaninchen wurden in analoger Weise mehrere Stuhlknöllchen desselben Tagesintervalles in einer dichten Aufschwemmung vereinigt und von dieser die gleiche Menge wie oben verarbeitet. Die Beobachtung der Kulturen erstreckte sich durchschnittlich auf 8 bis 10 Tage.

Bei allen Versuchstieren wurden die Fäzes vor Beginn der Experimente einer drei- bis sechstägigen bakteriologischen Kontrolle unterzogen, desgleichen die Abwesenheit eines spezifischen Agglutinationstitres im Serum festgestellt.

Auszug aus den Versuchsprotokollen:

Prodigiosusversuche.

1. K a n i n c h e n (S. W.) 2200 g, 12. III. 5 ccm (24 stündiger Schrägagarkultur-Abschwemmungen) in physiol. Kochsalzlösung per os: bis 21. III. in den Stühlen k e i n e roten Kolonien (9 Tage). Aggl.-Titre: $\ominus$.

Vom 21. III. bis 8. IV. in steigenden Dosen (bis 2,5 ccm Aufschwemmung) intravenös vorbehandelt. Agglutinationstitre am 9. IV.: 1 : 5000, im Stuhle niemals rote Kolonien.

11. IV. Fütterung: 10 ccm Prodigiosus-Aufschwemmung (48 h Kulturen); 12. IV. stark diarrhöische Stuhlentleerungen, die bis 15. IV. allmählich wieder konsistent werden: bis 17. IV. keine roten Kolonien.

2. Kaninchen (Br.) 2550 g, Fütterung im Vorversuch negativ; vom 24. IV. bis 31. V. von 1 ccm bis 2 ccm steigend (sechs intravenöse Injektionen) vorbehandelt, Agglutinationstitre 7. VI. über 1 : 2500; im Stuhle Prodigiosus: ⊖.

9. VI. 5 ccm Bakterienaufschwemmung (48 h Schrägagarkultur in 0,5 proz. Sodalösung) per os: bis 19. VI. Keine roten Kolonien im Stuhlbild („Prodigiosus negativ"). Tier andauernd munter und gesund.

Prodigiosus-Parallelversuche.

2 Kaninchen (W. B.) und (Br. B.) und 1 Hund. Kaninchen W. B. wurde intravenös, Br. B. und der Hund intraperitoneal vorbehandelt und zweimal gefüttert. Das erstemal mit einem der bisher verwendeten, gut und rasch Farbe bildenden Stämme, das zweitemal nach einmonatlichem Intervall mit einem durch Meerschweinchenpassage „tiergewöhnten" Prodigiosusstamm (V P.)*).

3. Kaninchen (W. B.) 2500 g. Vom 18. XI. bis 15. XII. in langsam steigenden Dosen intravenös (sieben Injektionen, bis 1,5 ccm) vorbehandelt. Agglutinationstitre 17. XII.: 1 : 640. Im Stuhl kein Prodigiosus nachweisbar. 22. XII. erste Fütterung: 3 ccm sehr dichter Prodigiosusaufschwemmung (48 h Schrägagarkulturen in phys. Kochsalzlösung) per os. Stuhlbild bis 30. XII. andauernd „Prodigiosus negativ". 13. I. Intravenöse (8.) Injektion (1 ccm). Stuhlbild bleibt negativ, Agglutinationstitre 1 : 2500 am 27. I.; am selben Tage zweite Fütterung mit Stamm V P. 6 ccm Aufschwemmung von 2½ (48 h) Schrägagarkulturen. Tier bleibt andauernd munter, frißt nachher sofort Heu. Kein Erbrechen, keine Diarrhöen. Bis 10. II. keine roten Kolonien im Stuhlausstrich. Beobachtung bis 24. II. fortgesetzt, andauernd negativ.

4. Kaninchen (Br. B.) 1600 g, vom 19. XI. bis 15. XII. intraperitoneal in steigenden Dosen (sechsmal, von 0,5 bis 1,5 ccm 48 h Kultur) injiziert. Die erste Injektion 0,5 ccm (1 Stunde bei 60° abgetötete Aufschwemmung) intravenös. 17. XII. Agglutinationstitre 1 : 640. Fäzes vom 19. XI. bis

*) Die Tierpassage erfolgte durch intraperitoneale Injektion und folgender Reinzüchtung aus dem Peritonealexsudat. Dies wurde durch fünf Tiere fortgesetzt. Der in der anfangs angewendeten Dose 1 ccm (24 h Schrägagarkultur, Kochsalzabschwemmung) für Meerschweinchen anscheinend wenig schädliche Stamm tötete von der dritten Passage ab die Tiere bereits bei ½ ccm innerhalb 12—24 Stunden akut unter den Zeichen einer septischen Peritonitis. Farbstoffbildung des Stammes schien dabei eher zugenommen zu haben.

22. XII. andauernd „Prodigiosus negativ". 22. XII. erste Fütterung wie Kaninchen W. B. (3). Stuhl bis 27. I. andauernd negativ. 13. I. intraperitoneale Injektion (1 ccm). 27. I. zweite Fütterung wie Kaninchen W. B. Stuhl bis 10. II. andauernd negativ, ebenso bis 24. II. keine roten Kolonien im Stuhlbild beobachtet.

5. Hund („Liesl"), einjährig, 7½ kg schwer, vom 9. X. bis 4. XI. 1913 beobachtet, ohne krankhafte Erscheinungen. Im Stuhlausstrich niemals rote Kolonien. 8. XI., vormittags, Vorfütterung: vier (48 h) Schrägagarkulturen in wenig 1 proz. alkal. Bouillon abgeschwemmt und der Milch beigemischt. Stuhl bleibt, bis auf Spuren am 8. XI., nachmittags, bis 18. XI. negativ. 18. XI. bis 15. XII. intraperitoneal (sieben Injektionen von 2 bis 3 ccm 48 h Schrägagarabschwemmung steigend) vorbehandelt. Fäzes andauernd negativ. Agglutinationstitre 1 : 320. 22. XII. erste Fütterung: vier (48 h) Schrägagarkulturen in wenig Kochsalzlösung abgeschwemmt und in Milch verfüttert. Im Stuhlausstrich bis 30. XII. keine roten Kolonien. 13. I. (8.) intraperitoneale Injektion (1,5 ccm). Bis 27. I. Stuhl negativ. Agglutinationstitre < 1 : 500. 27. I. zweite Fütterung mit fünf Schrägagarkulturen von V P., sonst wie die erste. Tier nachher andauernd völlig munter und gesund. Kein Aufstoßen, Erbrechen od. dgl. 28. I. früh: Milchstuhl zwei rötlich gefärbte Kolonien, sonst bis 10. II. täglich untersucht: „Prodigiosus negativ", keine roten Kolonien.

Versuche mit Vibrio Metschnikoff.

6. und 7. Kaninchen (Nr. 25) 2000 g, (Nr. 29) 1900 g. 14. III. Probefütterung mit je 5 ccm (48 h) Schrägagarabschwemmung in 0,5 proz. Sodalösung. Im Stuhl (bis 20. III.) andauernd kein V. M. zu finden. 21. III. bis 7. V. in steigenden Dosen (acht intravenöse Injektionen von 0,1 bis 1,4 ccm steigend) vorbehandelt.

16. V. Nr. 29 mit 5 ccm (eine Schrägagarkultur, 24 h, in 0,25 proz. Sodalösung) per os gefüttert und nachgespült. Tier andauernd munter. Stuhl bis 22. V. täglich untersucht. Keine Vibrionen.

9. VI. Nr. 25 (Agglutinationstitre < 1 : 160) gefüttert wie Nr. 29. Stuhl bis 15. VI. täglich untersucht, andauernd negativ.

8. Selbstversuch: 32 jähr. Mann, 62 kg, keinerlei Magen-Darmstörungen. 24. III. eine (24 h) Schrägagarkultur in 0,5 proz. Sodalösung getrunken. Im Stuhle (bis 27. III.) keine Vibrionen. Vom 27. III. bis 8. V. steigend (0,5 bis 1,5 ccm) durch subkutane Injektionen vorbehandelt. Agglutinationstitre 1 : 120 prompt. Im Stuhle niemals Vibrionen.

23. V. Fütterung: zwei (48 h) Schrägagarkulturen V. M. in Kochsalzlösung abgeschwemmt und in (3) Geloduratkapseln abgefüllt geschluckt. 24. V. neuerdings eine (48 h) Schrägagarkultur wie am 23. V. eingeführt. Stuhl bis 30. V. täglich untersucht, niemals Vibrionen. Desgleichen auch nicht bei späteren sporadischen Untersuchungen.

In keinem der angeführten Versuche, weder mit B. prodigiosus noch Vibrio Metschnikoff,

war es also gelungen, eine auch nur vorübergehende, stärkere fäkale Ausscheidung dieser „körperfremden“ Bakterien zu erzielen. Fleisch- und Pflanzenfresser sowie ein Mensch waren gleich refraktär geblieben. Auch die Variierung der Vorbehandlungsweise: intravenöse, intraperitoneale und subkutane Einverleibung der Bakterien und der damit absichtlich verbundenen Schwankung in Grad und Ausbildungszeit des erreichten Agglutinationstitres waren ohne Erfolg geblieben.

Ob und in welchem Maße die parenteral eingeführten (und nachträglich verfütterten) Bakterienarten in den oberen Darmpartien anwesend waren bzw. sich zu halten vermochten oder ob dabei eine Ausscheidung derselben mit der Galle durch die Darmwand oder sonstwie erfolgt war, kam für die vorliegende Fragestellung nicht in Betracht und wurde daher hier vorläufig nicht weiter verfolgt. Nach den bisher vorliegenden diesbezüglichen Angaben ist dies sogar als wahrscheinlich anzunehmen. Untersuchungen über den Mechanismus und die biologische Bedeutung der Ausscheidung „körperfremder“ korpuskularer Elemente in den Magendarmkanal mit Rücksicht auf die Beziehungen dieses Phänomens zur Frage der Infektion (im allgemeinen Sinne) sollen späteren Mitteilungen vorbehalten bleiben. Für chemische Agenzien wurde dieser Erscheinung von seiten der Physiologen und Gerichtschemiker (z. B. Arsen, Sublimat, Morphium, bes. auch Kalk- und Eisenverbindungen usw.) schon wiederholt ein erhöhtes Augenmerk geschenkt [vergl. z. B. v. Möllendorf[13])].

Aus den hier vorgelegten Versuchsergebnissen ist aber jedenfalls zu ersehen, daß die von Raubitschek (vgl. S. 341) aufgestellte Behauptung zumindest dahin einzuschränken ist, daß es nur unter gewissen (vielleicht bei R. zufällig vorhandenen, aber nicht näher bekannten) Umständen möglich erscheint, nach spezifischer Vorbehandlung und nachträglicher Einverleibung

per os im Darmkanale von Tieren „körperfremde" Bakterien derart zur Ansiedlung zu bringen, daß sie für längere oder kürzere Zeit auch mit den Fäzes in bemerkenswerter Weise zur Ausscheidung gelangten. Als Regel aber kann diese Erscheinung unter den oben angeführten Versuchsbedingungen sicher nicht gelten.

Nach wie vor bleibt aber dabei die speziell beim Studium der Typhusbazillenträger schon von Prigge[14]) u. a. aufgeworfene Frage offen, wieso es kommt, daß das eine Individuum zum längerdauernden „Keimträger" wird, während viele andere, die anscheinend unter den gleichen äußeren Bedingungen die Keime in sich aufgenommen hatten, dieselben in ihrem Körper überhaupt nicht zur Ansiedlung kommen lassen oder, wenn erkrankt, bald nach ihrer klinischen Genesung nicht mehr beherbergen oder zur Ausscheidung bringen. Die Rolle, welche hierbei, gerade in der Frage der Typhusausscheider, die Gallenblaseninfektion spielt, soll hierdurch keineswegs herabgesetzt werden.

Nach dem eingangs Dargelegten mündet auch dieses Problem in jenen allgemeinen noch nicht geklärten Fragenkomplex, welche biologischen Beziehungen das Gleichgewicht zwischen den im Körper saprophytisch zur Ansiedlung gelangenden Bakterien und dem Organismus aufrechterhalten bzw. unter welchen Bedingungen hier die Symbiose in eine Parabiose übergehen kann und umgekehrt.

Literaturverzeichnis.

1) E. Küster, Die Bedeutung der normalen Darmbakterien für den gesunden Menschen (Handb. d. path. Mikr. v. Kolle-Wassermann, 2. Aufl., VI, 1913).

2) Mac Neal and Chace, Contribution to the bakt. of the duod.

3) Ravenel, Mazyck and Hammer, Passage of bakteria through the intestinal wall (Journ. of med. Res., Vol. 24, 1911, p. 518).

4) Conradi und Kurpjuweit, M. m. W. 1905, Nr. 37, 45, 46.

5) Manteufel, Berl. kl. W. 1906, S. 313.

6) Seifert, Studien z. Biol. d. Darmbakterien (D. m. W. 1911, S. 1064).

7) Breton, Bruyant et Mézie, 1. Elimin. par les voies digestives des microbes introduits dans la circulation sanguine (C. r. Soc. de Biol. T. 71,

1911, p. 568). 2. Elimination par la bile des microbes introduits dans le tube digestive (C. r. Soc. d. Biol. T. 72, 1912, p. 13.)

8) Kretz, Über Bakterienausscheidung durch d. adenoiden Gewebe d. Darmes (Zbl. f. Bakt. I (Ref.), 54, 1912, S. 141).

9) H. Raubitschek, Zur Frage d. fäk. Ausscheidung darmfremder Bakterien (Virch. Arch. 209, 1912, S. 209).

10) Lit. darüber vgl. P. Th. Müller, Vorlesungen über allg. Epidemiologie (Jena 1914, S. 8 ff.).

11) Besredka, Ann. de l'Inst. Past. à Paris, T. 1911 et 1913.

12) Vgl. Distaso, Versuche, die menschl. Darmflora durch Zufuhr fremder Mikroben umzuwandeln I (Z. f. Immun. Forsch. I., XIX, 687).

13) v. Möllendorf, Über den Transport subkutan inj. Farbstofflösungen durch d. Darmkanal (D. m. W. 1913, S. 1631).

14) Prigge, Studien über Typhusbazillenträger (Klin. Jahrb. 22, 1910).

15) Thomas, Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 1893, XXXII. — Issaeff und Kolle, „Exp. Untersuchungen m. Choleravibrionen an Kaninchen", Z. f. Hyg. 18 (1893).

Weitere Erfahrungen über die Brauchbarkeit des Berkefeldfilters zur Entgiftung bleihaltigen Leitungswassers.

Von

Dr. med. **P. Schmidt,**

o. ö. Professor f. Hygiene u. Direktor des hygienischen Instituts der Universität Gießen, bisher a. o. Professor am hygienischen Institute der Universität Leipzig.

Aus dem hygienischen Institute der Universität Leipzig. Direktor: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Kruse.

(Bei der Redaktion eingegangen am 17. April 1914.)

In meiner im 80. Band dieses Archivs publizierten Arbeit: „Über ein Verfahren der Entgiftung bleihaltigen Leitungswassers", habe ich die Anwendung des Berkefeldfilters zur Beseitigung des Bleis in Leitungswasser bis zur definitiven Abhilfe mittels Entsäuerung etc. empfohlen. Bei meinen damaligen Untersuchungen mit einer größeren Zahl von Berkefeldkerzen konnte ich im Filtrate weder mit Schwefelwasserstoff noch mit Kal. bichrom. Blei nachweisen, selbst wenn das betr. bleihaltige Leitungswasser mit Kohlensäure gesättigt war und einige Tage gestanden hatte. Aus diesem Verhalten sowie aus dem Fehlschlagen aller Dialysierversuche, selbst bei Kohlensäuresättigung, folgerte ich, daß das Blei keinesfalls völlig gelöst, sondern feinstens suspendiert im Wasser vorhanden sein müsse, umsomehr, als alle gelösten Bleisalze das Berkefeldfilter ohne weiteres passieren.

An diese Untersuchungen schloß sich weiter die praktisch sehr wichtige Frage an: wie lange behält das Berkefeldfilter diese Fähigkeit? Diese Art der Entgiftung des bleihaltigen Leitungswassers war, wie schon oben angedeutet, naturgemäß nur als

Provisorium gedacht, da die Filtration auf die Dauer zu teuer würde, vielleicht auch allmählich unwirksam würde.

Zur Entscheidung obiger Frage habe ich einen Dauerversuch angestellt, bei welchem vom 23. 12. 1913 bis zum 2. 4. 1914 insgesamt 15 250 l Leitungswasser durch ein Berkefeld-Hausfilter H für Druckleitung hindurchgeschickt wurden derart, daß täglich mit wenigen Unterbrechungen ca. 125 l, manchmal etwas mehr, filtriert wurden. Das war jedesmal reichlich soviel, um das gesamte während 22 Stunden abgelöste Blei in das Filter zu bekommen. Es handelt sich um ein Versuchsrohr, welches bei 22 stündigem Stehen des Wassers in den ersten 6 bis 8 l je 1 bis 2 mg Blei pro l lieferte, bei den späteren Litern entsprechend weniger.

Bei der erstmaligen Filtration ergab sich, daß die ersten Proben des Filtrats völlig bleifrei waren. Nach dem Stehen über Nacht während 22 Stunden zeigte der erste Liter am nächsten Morgen Spuren von Blei, während sich die weiteren Liter wiederum als bleifrei erwiesen. Dieses Verhalten wiederholt sich einige Tage, bis sodann nach einer Woche auch im zweiten und dritten Filtratliter Spuren von Blei erschienen, während die späteren Liter bleifrei waren. Wurden diese ersten bleihaltigen Liter durch eine neue Kerze filtriert, war das Filtrat völlig bleifrei, was doch wohl den Schluß zuläßt, daß diese kleinen Mengen die Kerze passierenden Bleies nicht völlig gelöst sein können.

Am 18. 1. 1914, d. h. nach Passage von ca. 3000 l, wurde festgestellt, daß in 5 l Filtrat 0,92 mg Blei enthalten waren, also 0,192 mg pro l, während tags darauf in 5 l nicht filtrierten Wassers desselben Rohres 5,88 mg vorhanden waren, also 1,176 mg pro l.

Damit wäre festgestellt, daß ca. $^1/_6$ des ursprünglich im Wasser enthaltenen Bleis nach Passage von 3000 l das Filter passiert, wobei zu beachten ist, daß sich dieses passierende Blei im wesentlichen auf die ersten Filtratliter verteilt. Bei drei weiteren Untersuchungen wird eine Abnahme des Bleigehaltes im Filtrat wie folgt konstatiert:

23. 12. 1913 (1. Filtration)	= 0	Blei im Filtrat (erste 5 Lit.)
18. 1. 1914 (3000 Liter filtriert)	= $^1/_6$	,, ,, ,,

18. 2. 1914 (9000 Liter filtriert)	=	1/8 Blei im Filtrat
11. 3. 1914 (12 750 Liter filtriert)	=	1/10 ,, ,, ,,
3. 4. 1914 (15 250 Liter filtriert)	=	1/10 ,, ,, ,,

Es ergibt sich also, daß bei der Dauerfiltration das im Filtrat allmählich erscheinende Blei zunächst zunimmt und ca. nach 22 Tagen und 3000 l Filtrations-Menge ein Maximum erreicht. Seitdem trat eine stetige deutliche Abnahme ein bis zum Wert 1/10. Beim Entfernen der Kerze aus dem Gehäuse wurde dieses Verhalten völlig klar: die Kerze war vollständig mit Eisenoxydhydrat überzogen, das offenbar eine neue Filterschichte für das Blei darstellt. Die quantitativen Leistungen der Kerze waren durch diesen Eisenüberzug nur sehr wenig beeinflußt. Der Eisengehalt des enteisenten Leipziger Leitungswassers beträgt ca. 0,02 mg Fe_2O_3 pro l.

Aus den vorliegenden Untersuchungen kann man gewiß den Schluß ziehen, daß das Berkefeldfilter (Hausfilter H für Druckleitung) zur provisorischen Abhilfe durchaus brauchbar ist, ganz besonders, wenn noch Spuren von Eisen im Wasser vorhanden sind. Selbst wenn man einen doch ungewöhnlich hohen Bleigehalt von 5 mg Pb pro l annimmt, würde bei unserem Maximum der Bleipassage nur 0,83 mg pro l Filtrat vorliegen, eine Quantität, die sich immer noch unter dem nach A. Gärtner gesundheitlich noch zulässigen Wert von 1 mg pro l bewegt.

Von Interesse ist ferner noch die Frage, wie das angereicherte Blei auf der benutzten Kerze verteilt war. Es ließ sich feststellen, daß das gesamte abfiltrierte Blei ähnlich wie bei der Bakterienfiltration die Bakterien ganz oberflächlich auf der Kerze angesammelt war[1]), während das Innere der Kerze völlig bleifrei war. Die Untersuchung wurde so ausgeführt, daß Stücke der zersägten Kerze teils in schwach

1) Siehe P. Schmidt, Über den Mechanismus der Bakterienfiltration mit Berkefeldfiltern. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh. 1910, 75. Bd.

salzsaures Schwefelwasserstoffwasser gelegt wurden, teils pulverisiert mit Schwefelwasserstoffwasser behandelt wurden. Lediglich die Außenschicht färbte sich tiefschwarz vom gebildeten PbS in der salzsauren Lösung, während das Innere völlig weiß blieb.

Auch mikroskopisch ließ sich schon die Anwesenheit von Blei in der Filterhaut durch Zusatz von Salzsäure feststellen: sehr bald bildeten sich nach Zusatz der Salzsäure vom Rande des Deckgläschens her die bekannten spitzen Nadeln aus Bleichlorid, hier und da zu Drusen auswachsend. Während makroskopisch eine Bildung von CO_2-Bläschen nicht konstatiert werden konnte, ließ sich dieselbe in den mikroskopischen Präparaten hier und da verfolgen. Keinesfalls aber war diese Bläschenbildung etwa wie bei Behandlung von Bleiweiß mit Salzsäure erheblich, so daß der Schluß erlaubt sein muß, daß das Bleikarbonat im Leitungswasser keine wesentliche Rolle spielt, wenigstens nicht bei 12 mg CO_2 pro l Wasser. Danach dürfte das Blei in der Hauptsache als Hydroxyd vorhanden sein.

ARCHIV FÜR HYGIENE

BEGRÜNDET VON MAX VON PETTENKOFER
FORTGEFÜHRT VON MAX RUBNER

UNTER MITWIRKUNG VON

Prof. Dr. O. BAIL, Prag; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. R. GRASSBERGER, Wien; Prof. Dr. M. HAHN, Freiburg i. B.; Prof. Dr. L. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. G. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. A. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. R. O. NEUMANN, Bonn; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ Graz; Prof. Dr. Fr. RENK, Dresden; Prof. Dr. A. SCHATTENFROH, Wien; Prof. Dr. P. SCHMIDT, Gießen; Prof. Dr. M. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Prof. Dr. W. SILBERSCHMIDT, Zürich; Prof. Dr. W. WEICHARDT, Erlangen; Prof. Dr. E. WERNICKE, Posen

HERAUSGEGEBEN VON

M. v. GRUBER · FR. HOFMANN · K. B. LEHMANN
P. UHLENHUTH

PROFESSOREN AN DEN UNIVERSITÄTEN: MÜNCHEN, LEIPZIG, WÜRZBURG, STRASSBURG

82. BAND · 8. HEFT



MÜNCHEN UND BERLIN
VERLAG VON R. OLDENBOURG
1914

Inhalt.

Seite

In den nächsten Heften werden erscheinen:

Über den Wert der neuen Conradischen Verfahren für die Diphtheriediagnose. (Pentan-Tellur-Verfahren.) Von Dr. Leo Tompakow. (Aus dem Pathologisch-anatomischen Institut der Universität Basel, Vorsteher: Prof. Dr. E. Hedinger, Bakteriologische Abteilung, Vorstand: Privatdozent Dr. Jean Louis Burckhardt.) Eingegangen am 28. April 1914.

Über die Gefahr einer Quecksilbervergiftung bei Zahnärzten. Von Zahnarzt H. Schulte. Eingegangen am 5. Mai 1914.

Bemerkung zu der Arbeit von Dr. Heinz Zeiß im 82. Band dieser Zeitschrift „Über einige bei Tierkrankheiten gefundene Erreger aus der Gruppe der hämorrhagischen Septicämie". Von Prof. Dr. Kurt Schern (Ames-Jowa).

Preisausschreiben

der „Robert Koch-Stiftung zur Bekämpfung der Tuberkulose".

Nach Beschluß des Vorstandes vom 16. April d. J. wird eine Preisaufgabe ausgeschrieben mit dem Titel: **„Die Bedeutung der verschiedenartigen Strahlen (Sonnen-, Röntgen-, Radium-, Mesothorium-) für die Diagnose und Behandlung der Tuberkulose."** Die Arbeiten, die in deutscher Sprache abgefaßt und mit der Maschine geschrieben sein müssen, sind bis zum 1. Juli 1915 bei dem Schriftführer der Stiftung, Herrn Geh. Sanitätsrat Prof. Dr. Schwalbe (Berlin-Charlottenburg, Schlüterstr. 53), abzuliefern. Die Arbeit ist mit einem Motto zu versehen. Der Name des Verfassers ist im geschlossenen Umschlag beizufügen, und auf den Umschlag ist das Motto der Arbeit zu setzen. Das Preisgericht besteht aus den Herren: Präsident des Kaiserl. Gesundheitsamts Wirkl. Geh. Ober-Reg.-Rat Dr. Bumm (Berlin), Wirkl. Geh. Ober-Med.-Rat Prof. Dr. Gaffky (Hannover), Ministerialdirektor Wirkl. Geh. Ober-Med.-Rat Prof. Dr. Kirchner und Geh. Ober-Med.-Rat Prof. Dr. Löffler (Berlin). Für die beste Arbeit ist ein Preis von 3000 Mark angesetzt. Die Arbeit geht nach der Prämiierung in den Besitz der Robert Koch-Stiftung über. Die Veröffentlichung findet nach Maßgabe der Bedingungen statt, die für die gesamten mit den Mitteln der Stiftung ausgeführten Publikationen gelten: die Preisarbeit erscheint in den „Veröffentlichungen der Robert Koch-Stiftung", während ein von dem Verfasser angefertigter kurzer Auszug in der Deutschen Medizinischen Wochenschrift abgedruckt wird.

BERLIN, den 22. Juni 1914.

Der Vorsitzende der Robert Koch-Stiftung zur Bekämpfung der Tuberkulose.

Dr. v. Studt, Staatsminister.

Die Kommission für das Studium der Malaria in Rußland bei der Gesellschaft Russischer Ärzte zum Andenken an N. L. Pirogow ist gegenwärtig im Begriff, ein Verzeichnis der russischen Literatur über die Malaria bis zum Jahre 1913 inklusive zu beendigen.

In der Folge werden derartige Verzeichnisse mit kurzen Referaten der einschlägigen Artikel alljährlich erscheinen, wobei sie nach Möglichkeit die gesamte Literatur über die Malaria für das verflossene Jahr umfassen werden.

Außerdem wird die Kommission in kurzer Zeit besondere Kompendien über die Leistmaniose, die Pyroplasmose und andere protozoische Erkrankungen herausgeben.

Infolgedessen wendet sich die Kommission an die Verfasser von Artikeln über die erwähnten Branchen der Medizin, der Veterinärkunde und der Phytopathologie mit der inständigen Bitte, die Abdrücke ihrer Schriften an die Kommission einsenden zu wollen.

Diejenigen Autoren, die ihre Schriften der Kommission in zwei Exemplaren zusenden werden, erhalten von der Kommission die von ihr ausgegebenen bibliographischen Verzeichnisse zugeschickt.

Adresse:

Bibliographie der Malaria-Kommission

Moskau (Rußl.)

Powarskaja 10.

Vorsitzender der Kommission:

Dr. E. Marzinowsky.

Verlag von R. Oldenbourg in München u. Berlin

Kunsthistorische Aufsätze

von

GEORG DEHIO

Professor an der Universität Straßburg

314 Seiten 8°. Mit 3 Abbildungen im Text und 24 Tafeln
Elegant gebunden Preis M. 7.50

Inhaltsverzeichnis:

Historisch-politische Aufsätze und Reden

von

HERMANN ONCKEN

Professor an der Universität Heidelberg

2 Bände. 742 Seiten 8°. Elegant gebunden Preis M. 12.50

Inhaltsverzeichnis: